

# Návrh mechanismu ručního ovládání škrticí klapky

Martin Šnajdr

---

Bakalářská práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Martin Šnajdr
Osobní číslo:	T19255
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Návrh mechanismu ručního ovládání škrtecí klapky

## Zásady pro vypracování

1. Provedte literární studii na dané téma
2. Provedte průzkum trhu
3. Navrhněte možná řešení
4. Zhodnotte navržená řešení

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: příklady. Vyd. 3. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000, 121 s. ISBN 8001021572.  
ŠVEC, Vladimír. Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 169 s. ISBN 8001025330.  
VOLEK, František. Základy konstruování a částí strojů II: mechanismy strojů. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2003, 89 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 8073181118.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Řezníček, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2023**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 22. února 2023

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vylepšení stávajícího mechanismu pro ovládání škrticí klapky, jež se ukrývá v rukojeti motocyklu. Teoretická část pojednává o metodách obrábění, možnostech spojování součástí, typech kinematických mechanismů, vhodných materiálech, důležitosti ergonomie a provedení pružin. Praktická část dokumentuje počáteční stav, návrh zlepšení v 3D CAD softwaru, výrobu návrhu, zhodnocení výsledku a zpětnou vazbu od uživatelů vyrobeného zlepšení. Pro výrobu, která proběhla na pětiosém obráběcím centru DMU 50 firmy DMG MORI, bylo jako polotovary použito originálních součástí z druhovýroby.

Klíčová slova: mechanismus, rukojeť, obrábění, slitina hliníku, motocykl, škrticí klapka

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design of an improvement to the existing throttle control mechanism, which is located in the handle of the motorcycle. The theoretical part discusses machining methods, component joining options, types of kinematic mechanisms, suitable materials, the importance of ergonomics and spring design. The practical part documents the initial state, the design of the improvement in 3D CAD software, the production of the design, the evaluation of the result and the feedback from the users of the produced improvement. For the production, which was done on a five-axis machining centre DMU 50 by DMG MORI, original parts from secondary production were used as semi-finished products.

Keywords: mechanism, handle, machining, aluminium alloy, motorcycle, throttle valve

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce, panu Ing. Martinu Řezníčkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky, trpělivost a ochotu při vypracování práce. Dále děkuji své rodině za podporu během studia. Poděkování patří také panu Václavu Mikešovi za dlouhodobé zapůjčení originálních součástí.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>OBRÁBĚNÍ.....</b>	<b>11</b>
1.1	SOUSTRUŽENÍ.....	11
1.1.1	Charakteristika metody .....	11
1.1.2	Soustružnické nože.....	12
1.1.3	Stroje .....	13
1.2	FRÉZOVÁNÍ .....	14
1.2.1	Charakteristika metody .....	14
1.2.2	Frézy.....	15
1.2.3	Stroje .....	15
1.3	VRTÁNÍ .....	16
1.3.1	Charakteristika metody .....	16
1.3.2	Vrtací nástroje .....	16
1.3.3	Stroje .....	17
<b>2</b>	<b>SPOJOVÁNÍ SOUČÁSTÍ .....</b>	<b>18</b>
2.1	ROZEBÍRATELNÉ SPOJE.....	18
2.1.1	Šroubové spoje .....	18
2.1.2	Kolíky a kolíkové spoje .....	20
2.1.3	Klíny a pera .....	21
2.2	NEROZEBÍRATELNÉ SPOJE .....	21
2.2.1	Nýtové spoje.....	22
2.2.2	Svarové spoje .....	23
2.2.3	Pájené spoje.....	25
2.2.4	Lepené spoje.....	26
<b>3</b>	<b>KINEMATICKÉ MECHANISMY.....</b>	<b>28</b>
3.1	ŠROUBOVÝ MECHANISMUS .....	29
3.2	VAČKOVÝ MECHANISMUS .....	30
<b>4</b>	<b>MATERIÁLY .....</b>	<b>31</b>
4.1	VÝROBA A ROZDĚLENÍ NEŽELEZNÝCH SLITIN .....	31
4.2	LEHKÉ NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY .....	32
4.2.1	Hliník a slitiny hliníku .....	32
4.2.2	Hořčík a slitiny hořčíku.....	34
4.2.3	Titan a slitiny titanu .....	35
<b>5</b>	<b>ERGONOMIE .....</b>	<b>36</b>
5.1	ZÁTĚŽ .....	36
5.2	TĚLESNÉ ROZMĚRY A POHYBY .....	36
5.3	SVALOVÁ SÍLA A TĚLESNÁ PRÁCE.....	36

5.4	ERGONOMIE MOTOROVÝCH VOZIDEL .....	37
<b>6</b>	<b>PRUŽINY.....</b>	<b>38</b>
6.1	KOVOVÉ PRUŽINY .....	38
6.2	NEKOVOVÉ PRUŽINY .....	39
6.3	PRUŽINY PODLE KONSTRUKCE.....	40
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>SOUČASNÝ STAV .....</b>	<b>44</b>
8.1	JEZDEC .....	44
8.2	OBJÍMKA .....	45
8.3	ZÁSLEPKA .....	46
8.4	RUKOJEŤ .....	46
8.5	PRYŽOVÝ NÁVLEK NA RUKOJEŤ .....	47
<b>9</b>	<b>NÁVRH ZLEPŠENÍ.....</b>	<b>48</b>
9.1	ÚPRAVA JEZDCE .....	48
9.2	ÚPRAVA OBJÍMKY .....	50
9.3	ÚPRAVA ZÁSLEPKY .....	51
9.4	ÚPRAVA RUKOJETI .....	52
9.5	POMOCNÉ SOUČÁSTI.....	53
9.5.1	Insert.....	53
9.5.2	Pružina.....	54
<b>10</b>	<b>VÝROBA ZLEPŠENÍ.....</b>	<b>56</b>
10.1	VÝROBA JEZDCE.....	56
10.2	VÝROBA OBJÍMKY .....	57
10.3	VÝROBA ZÁSLEPKY .....	58
10.4	VÝROBA RUKOJETI .....	59
10.5	VÝROBA INSERTU A ZÁVITOVÉ TYČE .....	60
<b>11</b>	<b>ZHODNOCENÍ ZLEPŠENÍ .....</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>ZKUŠENOSTI UŽIVATELŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>65</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>73</b>



## ÚVOD

Při přenosu sil se síla působící na určité těleso přenáší na jiné těleso, čímž je způsoben pohyb nebo deformace těchto těles. Přenos sil může být realizován různými způsoby, nejčastěji přímým kontaktem, pomocí lana, pásu nebo řetězu, hydraulicky, elektricky nebo pneumaticky.

Regulace průtoků tekutin je důležitou součástí mnoha průmyslových a technických aplikací, jako například vodohospodářských systémů, chemických závodů, potravinářství a mnoha dalších oblastí. Existují různé způsoby, jak regulovat průtok tekutin, a to v závislosti na konkrétní aplikaci. Jedná se například o ventily, pumpy, regulátory tlaku nebo reduktory průtoku.

Škrticí klapka je typ ventilu, který se používá pro regulaci průtoku tekutin nebo plynu v potrubí. Její primární funkcí je omezit průtok v potrubí na požadovanou hodnotu, čehož se využívá ve spoustě aplikací, jako například pro ovládání množství směsi přiváděné do spalovacího motoru, čímž se řídí jeho otáčky, nebo regulace průtoku plynu či kapaliny v průmyslových procesech. V současné době, kdy je kladen důraz na efektivitu motorů a optimalizaci jejich výkonů z důvodu co nejnižších emisí, bývá škrticí klapka ve čtyřtákních automobilových motorech nahrazována proměnlivým časováním ventilů (označované též zkratkou VVT), ve dvoutákních motorech se jedná o systém výkonové klapky.

Přestože tyto systémy přinášejí vyšší efektivitu a mají velký potenciál do budoucna, klasická škrticí klapka bude mít stále své místo převážně v aplikacích vyžadujících jednoduchost, menší množství součástí nebo nižší výrobní náklady.

Mechanismy ručního ovládání škrticí klapky mohou být různého provedení, lze je primárně rozlišit na elektronické, jež se používají u modernějších motocyklů, kde je poloha plynové rukojeti monitorována elektronicky, a mechanické, kde je plynová rukojeť se škrticí klapkou spojena ocelkovým lankem v bowdenu. U mechanismů s bowdenem se například u motocyklů Jawa můžeme setkat s provedením známým jako „Rychlopal“, kde dochází při otáčení rukojetí k navíjení plynového lanka, anebo existuje též starší provedení se šoupátkem, kde při přidání plynu dojde k zatažení lanka do rukojeti ve směru její osy. Druhému jmenovanému řešení se lidově přezdívá „Krutiruk“ a je předmětem této bakalářské práce, která si klade za cíl jej vylepšit tak, aby zůstal zachován původní vnější vzhled rukojeti.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 OBRÁBĚNÍ

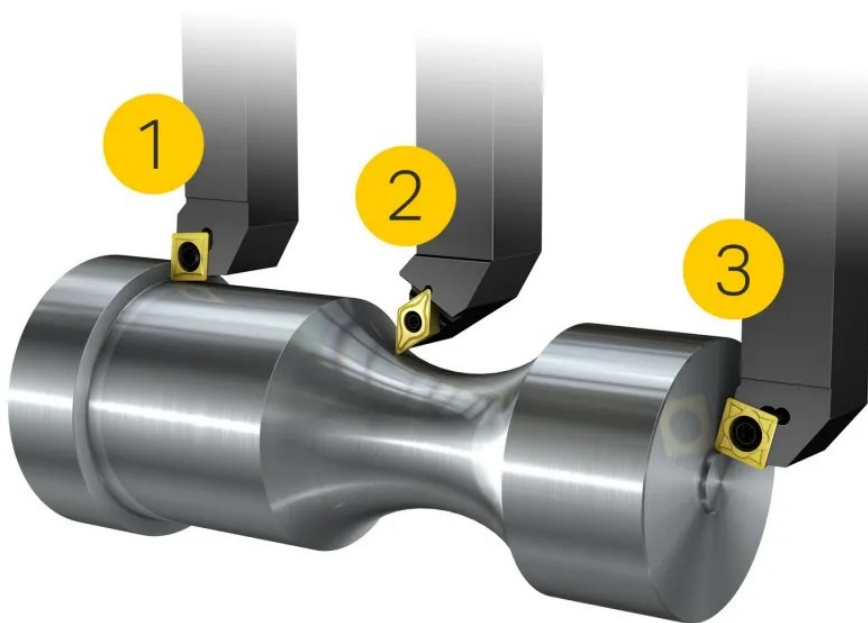
Obrábění je technologický proces, při němž dochází k postupnému oddělování částic materiálu (třísky) břitem nástroje, čímž se dosahuje požadovaného tvaru výrobku (obrobku). [1]

### 1.1 Soustružení

Soustružení je obrábění rotačních tvarů, při němž se většinou využívají jednobřité nástroje rozličného provedení. Jedná se o jednu z nejstarších a z mnoha hledisek nejjednodušší metodu obrábění a proto se ve strojírenství velmi často používá. Na soustruzích lze obrábět válcové, kuželové, kulové i obecné rotační plochy, rovinné plochy i závit. Tímto způsobem lze opracovávat vnější nebo vnitřní rotační plochy. [1, 34]

#### 1.1.1 Charakteristika metody

Při soustružení je rotační pohyb obrobku hlavním pohybem. Nástroj – soustružnický nůž – vykonává vedlejší pohyby, tj. podélný posuv, který je rovnoběžný s osou rotace obrobku, a posuv příčný, jež je k ose obrobku kolmý. Podélný posuv tvoří válcovou plochu, pomocí příčného posuvu vzniká čelní rovinná plocha. Obecná rovinná plocha vzniká, když jsou oba pohyby vykonávány současně. Dalším pohybem, který vykonává nástroj je přísuv. Tento pohyb, probíhající před samotným obráběním, slouží k nastavení požadované hloubky řezu. [3]



Obrázek 1 Způsoby soustružení: [9]

1) podélné, 2) tvarové, 3) čelní

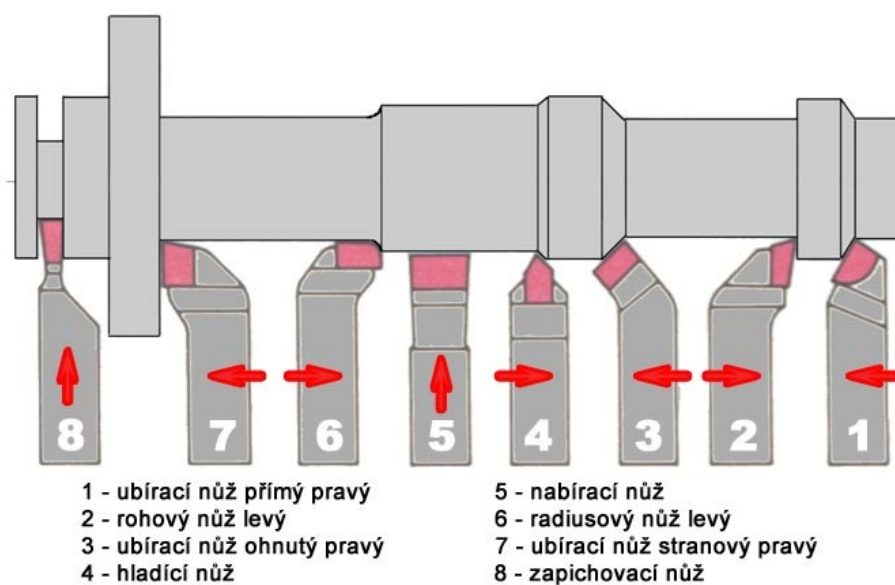
Podle pohybu nože lze rozlišit tři základní způsoby soustružení (Obrázek 1):

- Podélné – posuv nože probíhá rovnoběžně s osou otáčení obrobku
- Tvarové – nůž koná oba posuvy současně
- Čelní – nůž se posouvá kolmo na osu rotace obrobku [9]

### 1.1.2 Soustružnické nože

Nástroje pro soustružení se nazývají soustružnické nože. Obvykle jsou jednobřité a mají jednoduchý geometricky definovaný tvar ostří. Rozdělují se podle různých hledisek, ze kterých jsou nejdůležitější:

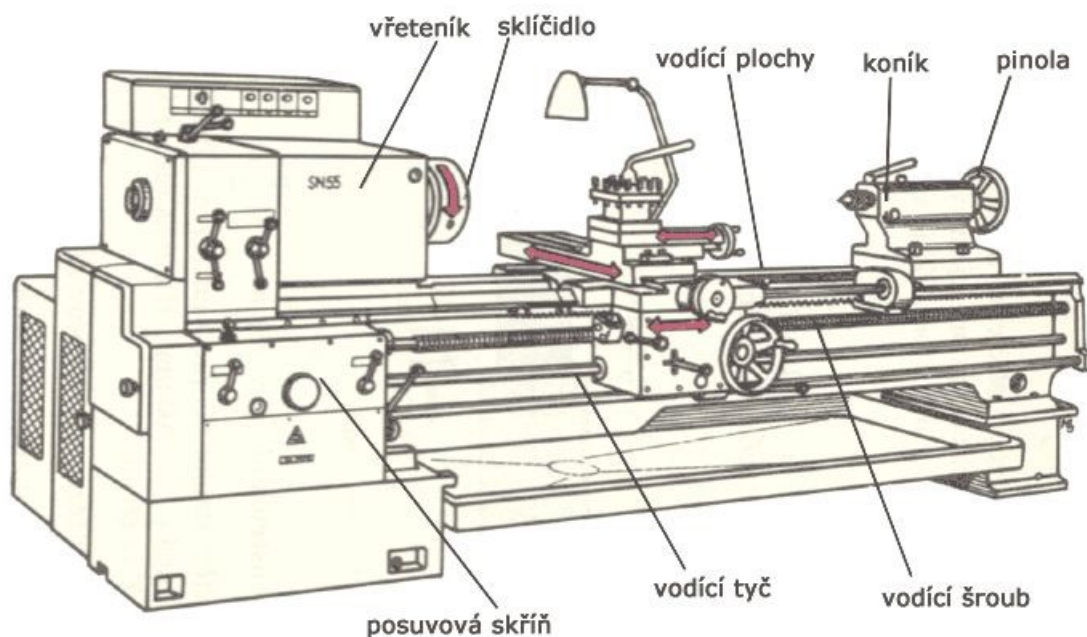
- Materiál břitu – břity z nástrojových ocelí, cermetů, slinutých karbidů, řezné keramiky, polykrystalického diamantu
- Konstrukce – celistvé nože, nože s pájenou břitovou destičkou a nože s vyměnitelnými břitovými destičkami
- Směr posuvu – pravé (posuv směrem od koníku ke vřetenu), levé (opačný směr posuvu) a nože souměrné
- Způsob obrábění – ubírací, zapichovací a upichovací, závitové a tvarové nože
- Tvar sopky nože – nože přímé a ohnuté
- Druh obráběcího stroje – nože soustružnické, revolverové a automatové [3]



Obrázek 2 Typy soustružnických nožů [10]

### 1.1.3 Stroje

Soustruh patří mezi nejrozšířenější obráběcí stroje ve strojírenských podnicích. Podle typu konstrukce se dělí na hrotové, čelní, svislé, revolverové, poloautomatické, automatické a číslicově řízené (NC). Mezi hlavní součásti soustruhu patří lože, suporty, koník, vřeteník, elektromotor a převodovky otáček a posuvů.



Obrázek 3 Hrotový soustruh [11]

Hrotové soustruhy (Obrázek 3) jsou obvykle využívány pro kusovou a malosériovou výrobu. Obvykle mají množství příslušenství umožňující upínání obrobků a nástrojů. Lze na nich obrábět vnější i vnitřní rotační plochy, řezat závity závitovým nožem, soustružit obecné rotační plochy podle šablony.

Čelní soustruhy se používají pro obrábění součástí velkých průměrů, ale krátkých délek.

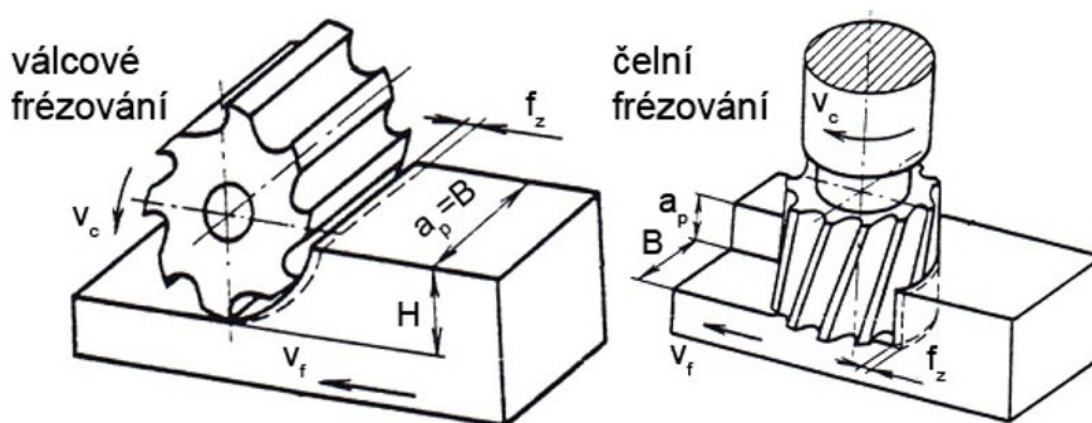
Svislé soustruhy se používají pro soustružení obrobků, které jsou velké a těžké. Upínací deska má svislou osu otáčení.

Revolverové soustruhy obsahují revolverovou hlavu se svislou nebo vodorovnou osou otáčení, do níž lze upnout více nástrojů. Je tudíž možné obrábět více nástroji najednou, proto jsou rychlejší než hrotové soustruhy.

U poloautomatických soustruhů je pracovní cyklus automatický, avšak k upnutí a odepnutí obrobku je zapotřebí obsluhy. [3]

## 1.2 Frézování

Frézování je obrábění rovinných nebo tvarových ploch, vnitřních či vnějších za použití obvykle vícebřitého nástroje. Stroje – frézky – jsou po soustruzích nejpoužívanější ve strojírenské výrobě. Frézování se obvykle používá na rovinné plochy, tvarové přímkové či obecné plochy.



Obrázek 4 Válnové a čelní frézování [3]

### 1.2.1 Charakteristika metody

Hlavní řezný pohyb (otáčivý) při frézování koná nástroj a obrobek vykonává nejčastěji posuvný přímočarý pohyb, někdy též otáčivý, nebo pohyb obecný po křivce prostorové. Z pohledu chvění je výhodné, když fréza zabírá do obrobku více břity zároveň. Řezný proces je přerušovaný, do obrobku postupně vcházejí a vycházejí z něj jednotlivé zuby frézy, při čemž dochází k odebírání třísky proměnlivého průřezu.

Frézovat lze dvěma základními způsoby: obvodem válcové frézy a čelem čelní frézy (Obrázek 4). [3]

V případě válcového frézování jsou zuby frézy pouze po obvodu nástroje. Obrobená plocha a osa otáčení frézy jsou rovnoběžné. V závislosti na pohybu nástroje vůči obrobku se dále dělí na frézování sousledné (protisměrné) a sousledné (sousměrné).

**Nesousledné frézování** – nástroj rotuje proti směru posuvu obrobku. Vnikáním nástroje do obrobku se tvoří obrobená plocha. Na počátku je tloušťka třísky nulová a postupně roste na maximální hodnotu.

**Sousledné frézování** – smysl rotace nástroje je shodný se směrem posuvu obrobku. Během vnikání zubu frézy do obrobku je tloušťka třísky maximální. Při vycházení zubu ze záběru vzniká obrobená plocha. [1]

### 1.2.2 Frézy

Nástroj – fréza – je obvykle vícebřítý. U válcových fréz jsou břity po obvodu válcové plochy, na rozdíl od čelních fréz, kde jsou břity po obvodu i na čele nástroje. Frézy lze dělit podle různých hledisek:

- Umístění břitů – podle plochy, kde jsou břity umístěny, se rozlišují válcové frézy, čelní frézy, kotoučové frézy, kuželové frézy a tvarové frézy.
- Podle tvaru zubů – existují frézy s frézovanými zuby a s podsoustruženými zuby.
- Podle průběhu ostří zubů – frézy s přímými zuby a frézy se zuby do šroubovice.
- Podle způsobu upínání rozlišujeme frézy na stopkové a nástrčné.
- Podle konstrukce mohou být frézy celistvé (monolitní) a s vyměnitelnými břitovými destičkami (Obrázek 5).



Obrázek 5 Fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami [19]

Výroba celistvých fréz probíhá obráběním nebo přesným litím z rychlořezných ocelí, na výrobu celistvých fréz menších rozměrů se užívá slinutých karbidů. Vyměnitelné břitové destičky pro frézy bývají zhotovené z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, řezné keramiky nebo polykrystalického kubického nitridu boru (PKNB). [3]

### 1.2.3 Stroje

Frézovací stroje se nazývají frézky a existují v různých modifikacích. Nejčastěji se dělí na konzolové, rovinné a speciální.

Konzolové frézky se nejčastěji uplatňují ve strojírenství. Konzole se posouvá po stojanu stroje, na konzoli je dále umístěn pracovní stůl pro upínání obrobku. Konzole umožňuje

svislý pohyb stolu, který se může posouvat příčně a podélně. Pro ovládání posuvu slouží šrouby a matice, které umožňují posuv obrobku ve třech osách. Nejčastěji je pohon posuvu zajišťován samostatným motorem s převodovkou, tudíž není závislý na otáčkách vřetene. Konzolové frézky lze dále dělit na vodorovné, svislé nebo univerzální. [3, 36]

### 1.3 Vrtání

Vrtání je obrábění vnitřních rotačních ploch, zpravidla dvoubřitým nástrojem. Historicky je vrtání jednou z nejstarších výrobních metod. Slouží ke zhotovení nebo zvětšení kruhového otvoru.

#### 1.3.1 Charakteristika metody

Hlavní řezný pohyb (otáčivý) i posuv ve směru osy vykonává obvykle nástroj, jsou však možné i jiné varianty. Zvláštností vrtání i dalších, tzv. osových operací (mezi ně patří i např. vyhrubování, vystružování apod.), je to, že řezná rychlost je na obvodě nástroje největší a směrem k ose nástroje klesá k nule. S tím se vážou některé technologické problémy. Například příčný břit v ose vrtáku vzhledem k nepříznivé geometrii v podstatě neodebírá třísku, ale materiál jen plasticky deformuje. Typ díry a požadovaná přesnost ovlivňují volbu nástroje. Vliv na vrtání mohou mít například nerovnosti, nepravidelnosti nebo sklon povrchu na vstupu/výstupu z díry a křížení s jinou dírou. [3, 16]

#### 1.3.2 Vrtací nástroje

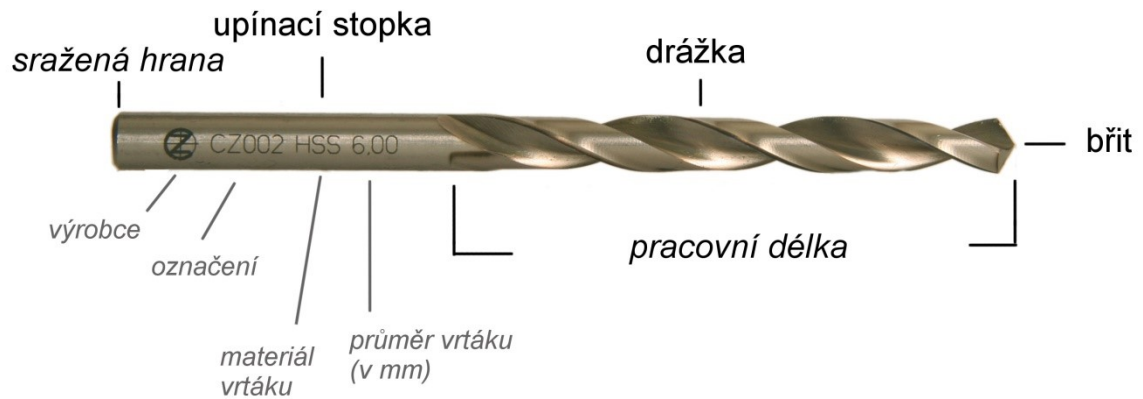
Pro vrtání se používají vrtáky, které mají poměrně složitou geometrii. Pokud není vrták správně naostřen, může se to projevit nejen v nerovnoměrné trvanlivosti břitů, ale především se zhorší parametry vyvrtávané díry. Dalším problémem je plynulý odvod třísek. Během vrtání mohou třísky zaseknuté v díře způsobit zničení vrtáku nebo samotného obrobku. Jelikož v ose nástroje dosahuje obvodová rychlost nulové hodnoty, považuje se za řeznou rychlost obvodová rychlost na největším průměru nástroje.

Podle technologie vrtání a konstrukce a geometrie nástroje lze vrtáky rozdělit například na:

- Šroubovitě vrtáky – používají se nejčastěji, vyrábějí se z rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů
- Středící vrtáky
- Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami



- Dělové a hlavňové vrtáky
- Kopinaté vrtáky



Obrázek 6 Značení a části vrtáku [20]

### 1.3.3 Stroje

Vrtání nejčastěji probíhá na vrtačkách, případně na soustruzích, vodorovných vyvrtávačkách a obráběcích centrech. Podle konstrukčního provedení se vrtačky dělí na ruční, stolní sloupové, stojanové, otočné, souřadnicové. Typ použité vrtačky je dán velikostí obrobku a operací, kterou bude vrtačka provádět. Velikost vrtaček se určuje na základě největšího průměru díry, kterou lze na vrtačce vrtat zcela do oceli střední pevnosti. [15, 34]



Obrázek 7 Sloupová vrtačka [43]

## 2 SPOJOVÁNÍ SOUČÁSTÍ

Všechny stroje jsou složeny ze součástí, které po spojení zajišťují plnění požadovaných funkcí stroje, umožňují snadnou montáž a demontáž. Spojení lze dosáhnout různými způsoby. Druh spoje se volí s ohledem na funkčnost, způsobu zatížení, na základě požadavku na pevnost, uvolnitelnost, pohyblivost, těsnost, snadnou montáž a demontáž a spolehlivost proti samovolnému uvolnění. V případě, že lze uskutečnit požadované spojení více různými způsoby vyhovujícími funkčním a provozním požadavkům, jsou pro volbu spoje rozhodující ekonomické důvody, tedy se volí spoj konstrukčně nejjednodušší, výrobně levnější a v případě rozebíratelných spojů snadno demontovatelný.

Spoje se dělí podle různých hledisek. Nejobvyklejší je dělení na spoje rozebíratelné a nerozebíratelné. [7]

### 2.1 Rozebíratelné spoje

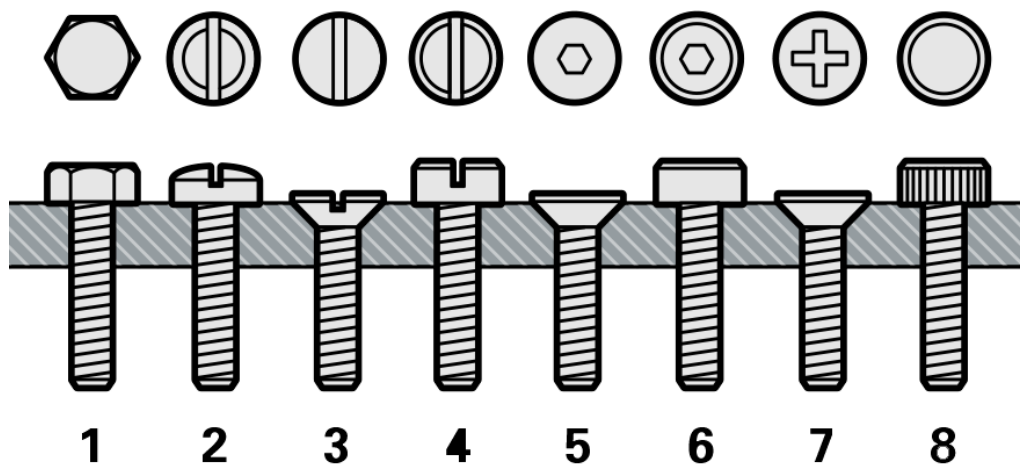
Při použití rozebíratelných spojů je možné snadno a bez poškození spojovacích či spojovaných součástí spoj uvolnit a opět obnovit. Poloha součástí spoje může být stálá nebo přestavitelná, a z časového hlediska trvalá nebo dočasná. [6]

#### 2.1.1 Šroubové spoje

Ve strojírenství jsou nejvíce rozšířené a nejčastěji používané šroubové a závitové spoje, mezi spoji rozebíratelnými pak zaujímají dominantní postavení. To je dáno nejen velkým objemem vyráběných kusů, množstvím konstrukčních variant a možnostmi použití, ale spočívá obzvláště ve schopnosti spolehlivě plnit náročné úkoly. Tato jednoduchá spojení dvou a více součástí jsou snadno rozebíratelná a přitom pevná. Při použití běžných prostředků (klíčů) dokáží vyvodit velké svěrné síly a při zachování relativně malých rozměrů a nízké hmotnosti přenášet velká zatížení. Mezi jejich další přednosti patří široká škála spojovacích prvků vyráběných velkosériově – šroubů, matic a rozličných podložek a jejich vysoký stupeň normalizace. Podložky se obvykle používají pod matici a občas i pod hlavu šroubu z důvodu rovnoměrnějšího rozložení sil ve spoji, dále jako ochrana spojované součásti proti poškození během montáže a také chrání proti opotřebení. Potřeba vytvoření vhodných otvorů ve spojovaných součástech se prakticky již nepovažuje za nevýhodu. Pevnost a spolehlivost šroubových a závitových spojů ovlivňuje správný a bezpečný chod celého strojního zařízení. [2, 35]

Šroub má tzv. dřík se závitem, který slouží pro našroubování matice, nebo lze šroub přímo zašroubovat do díry s vnitřním závitem v jedné ze spojovaných součástí. Závity na dřících šroubů označujeme jako vnější závity, matice a díry mají vnitřní závity. Závít je určen geometricky závitovou plochou, která v osovému řezu tvoří profil, například čtvercový, trojúhelníkový nebo lichoběžníkový. Závítová plocha vzniká rovnoměrným otáčením profilu závitu kolem pevné osy a současně jeho posunem ve směru osy, přitom každý bod profilu závitu opisuje šroubovici. Šroubovice je možné podle smyslu otáčení rozdělit na pravé s pravým závitem, které jsou nejčastější u spojovacích šroubů, a levé s levým závitem. Při otáčení jednoho tvořícího profilu vzniká jednochodý závít, vícechodý závít vzniká pohybem více tvořících profilů vedle sebe.

Závity spojovacích šroubů nejčastěji mají trojúhelníkové profily se zkoseným vrcholem. Nejpoužívanější metrický závít má vrcholový úhel trojúhelníku  $\alpha = 60^\circ$ , jeho rozměry se udávají v milimetrech, je určen velkým průměrem závitu šroubu a matice. Označují se podle velkého průměru, například M12, M24. Závity mohou mít různé stoupání a rozlišují se na hrubé a jemné. Uplatnění jemných metrických závitů je například v elektrotechnice, v jejich označení se udává i stoupání, například M12 x 1,5.



Obrázek 8 Hlavy šroubů [21]

Existují různé provedení hlav šroubů, nejčastěji používané jsou například šestihranné, čtyřhranné, válcové, kuželové, půlkruhové (Obrázek 8). Spojovací šrouby slouží k pevnému rozebíratelnému spojení strojních součástí. Samotný spoj může být proveden několika způsoby:

- Maticovým šroubem s hlavou a maticí – šroub prochází dírou s vůlí

- Závrtným šroubem zašroubovaným do jedné ze spojovaných součástí, druhá se na něj nasadí a přitáhne maticí, při demontáži se šroub nevyšroubovává
- Šroubem s hlavou a bez matice, při demontáži je nutné šroub vyšroubovat

Spojovací šrouby a matice jsou normalizovány. [6]

### 2.1.2 Kolíky a kolíkové spoje

Kolíky se používají k pevnému rozebíratelnému nebo nerozebíratelnému spojení dvou součástí, zajištění vzájemné polohy dvou součástí, k zabránění otáčení, nebo posouvání jedné součásti po druhé, také pro nehybné spojení součástí. Kolíky lze podle vnějšího tvaru rozlišovat na válcové, kuželové s kuželovitostí 1:50, pružné s konci k roznýtování a podle vnějšího povrchu na hladké nebo rýhované. Ve spojovaných součástech se díry musí vrtat a vystružit společně. Při zaražení kolíku do díry vznikají pružné deformace kolíku a spojované součásti a tím je spoj v pružné napjatosti. Aby nedošlo k uvolnění kolíku je nutné po určitém čase kuželový kolík dorážet. Konce kolíku musí být kvůli bezpečnosti zakryty. Vytažením kolíku se docílí uvolnění spoje. U pojistných spojek se používá válcových kolíků též jako střížných prvků. [6, 33]



Obrázek 9 Rýhovaný válcový kolík [44]

Spojovací čepy taktéž slouží k rozebíratelnému kloubovému spojení součástí, ale na rozdíl od kolíků mají větší průměr. Jelikož umožňují spojeným součástem vzájemný pohyb, tj. otáčení o malý úhel, jsou ve spojích uloženy s vůlí. Čepy přenášejí zatížení tahem i tlakem.

Také mohou nahrazovat krátké nosné hřídele (např. u pojezdových kol, kladek apod.), tehdy jsou namáhány na ohyb.

Čepy jsou většinou normalizované. Používají se čepy bez hlavy, s hlavou válcovou nebo zápustnou kuželovou. Pro zajištění pohyblivosti spoje, je zapotřebí, aby byl čep dobře namazán, proto se v něm nachází mazací kanálky, které končí u vnějšího otvoru závitem pro našroubování maznice na plastické mazivo. Pokud je čep většího průměru, může být kvůli odlehčení dutý. Pružné čepy se častou používají pro kloubové spoje, které přenáší střídavé nebo rázové zatížení. Tyto čepy mají na jedné straně podélnou spáru, která může být přímá nebo lomená. [6]

### 2.1.3 Klíny a pera

Také spoje s pery a klíny se řadí mezi rozebíratelná spojení. Klín se používá jako spojovací součást pro tuhé rozebíratelné spojování součástí, tehdy se označuje jako spojovací klín, nebo pro vymezení vzájemné polohy dvou součástí se nazývá stavěcí klín. Spojovací klín může být buď podélný, jehož osa je rovnoběžná s osou spojovaných součástí, nebo příčný, kdy je jeho osa kolmá na podélnou osu spojovaných součástí.

Pro pevné spojení součástí přenášejících točivý moment se používají podélné klíny, které mají jednostranný podélný úkos, jímž dosedají na náboj se stejným úkosem. Spojené součásti jsou vzepřeny klínem, tím pádem vzniká ve spoji předpětí. Vzniklé tření zabraňuje posunu součásti na hřídeli, proto není nutné klín zajišťovat. Podélné klíny mají obvykle obdélníkový průřez a jsou normalizovány.

Také pera slouží k přenosu točivých momentů, avšak na rozdíl od podélných klínů nemají úkos. Boky pera přenáší moment a ve spoji nevzniká předpětí. Pera nezajišťují součásti proti vzájemnému osovému posunutí. Mohou sloužit k upevnění řemenic, ozubených kol nebo spojek na hřídeli. [6]

## 2.2 Nerozebíratelné spoje

Pro nerozebíratelný spoj je typické, že při snaze spoj uvolnit se některá z jeho součástí poškodí nebo zdeformuje, a proto nelze spoj po rozpojení obnovit. K dosažení nerozebíratelného spojení dochází přetvořením spojovací součásti (nýtů, roznýtováním jedné ze spojovaných součástí), spojením bez přetvoření součástí, ale přidáním materiálu ve stavu tekutém nebo měkkém (svařování, lepení, pájení), nebo zalitím jedné součásti do

druhé, se kterou je spojována (spojení kovové součásti s plastem, součásti ze šedé litiny se součásti z jiného neželezného kovu apod.). [6]

### 2.2.1 Nýtové spoje

Nýtová spojení jsou nerozebíratelná spojení vznikající trvalou (tvárnou) deformací nýtů nebo jedné ze spojovaných součástí. Tento způsob spojování materiálů je vhodný pro nepříliš tlusté součásti jako např. plechy, pásy, válcované tyče L, I, U aj. Pro nýty je nutné opatřit spojované součásti průchozími dírami. Nýtové je všeobecně vytlačováno svařováním. Navzdory tomu se nýtování stále používá a to především pro spojování materiálů obtížně svařitelných a pro aplikace, kde se vyžaduje dobrá odolnost proti dlouhodobému rázovému zatížení. Nýtů se také využívá pro spojování dílů z různých materiálů: oceli a litiny, oceli a plasty a množství dalších kombinací materiálů. Kromě přenášení mechanického zatížení může být nýt izolantem nebo vodičem, lze ho také použít jako otočný čep. [7]



Obrázek 10 Nýtovaná mostní konstrukce [22]

Jelikož je nýtování nahrazováno svařováním, nabízí se tedy srovnání těchto typů nerozebíratelných spojení. Za výhody nýtování lze považovat:

- V materiálu součásti nedochází k nežádoucím změnám struktury
- Kvalitu spoje lze snadno kontrolovat (ultrazvukem)
- Opravy spoje jsou snazší

- Zařízení realizující nýtový spoj nevyžadují elektrický proud
- Při studeném nýtování nedochází k poškození spojovaných částí teplem

Naopak nevýhody nýtování oproti svařování jsou:

- Hmotnost nýtovaných konstrukcí je vyšší než stejných konstrukcí svařovaných
- U nýtovaných částí nelze zaručit přesnou vzájemnou polohu
- Otvory zeslabují spojované součásti
- Nákladná příprava spoje – nutnost vrtání a slícování otvorů
- Vznik značně velkých napětí v nýtech i spojovaných součástech

Z těchto důvodů je konstrukční nýtování téměř úplně nahrazeno svařováním, jelikož je výrobně levnější, méně pracné a přitom umožňuje vytvářet lehčí konstrukce. [13]

### 2.2.2 Svarové spoje

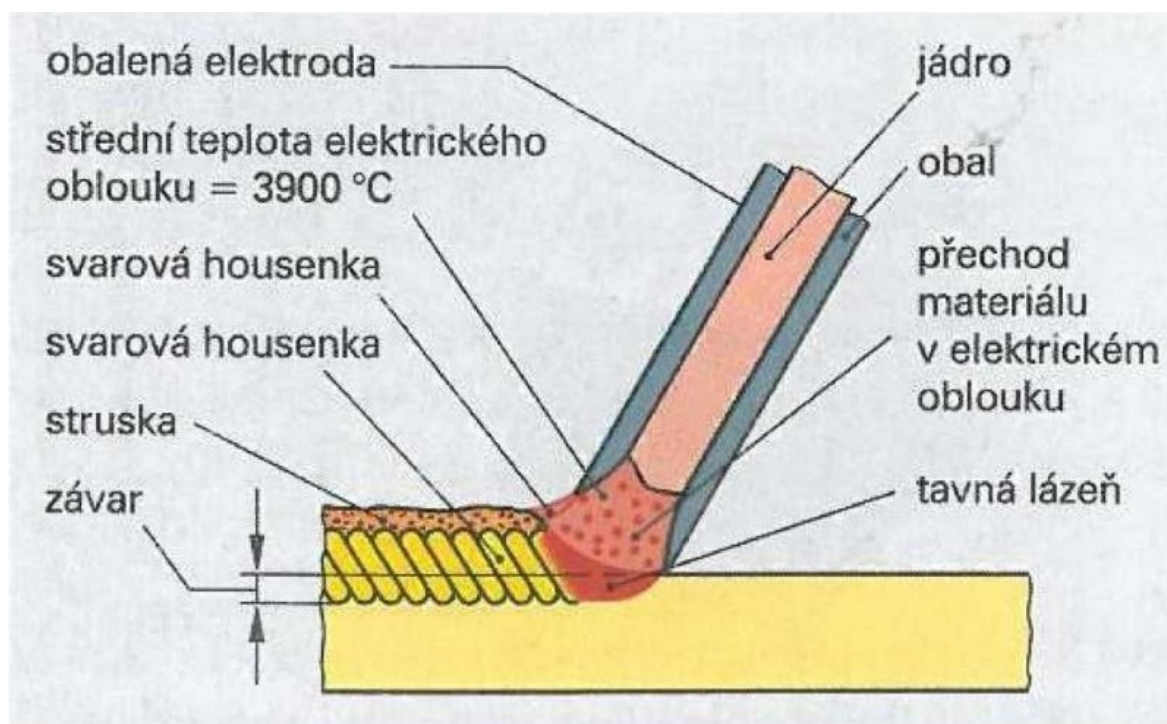
Svařování umožňuje vytvořit pevná, těsná a nerozebíratelná spojení převážně ocelových dílců o nejrůznějších tvarech a velikostech v celistvé útvary – tzv. svařence. Kromě ocelí lze za určitých podmínek svařovat i šedou litinu, slitiny Cu, Al, Si, Zn, Ni a některé plasty. Vlastní technologický proces vyžaduje speciální zařízení a odbornou profesi. Svařování lze rozdělit na:

**Svařování tavné** – spojované dílce jsou v místě styku krátkodobě lokálně roztaveny, poté dochází k slití a splynutí obou materiálů. Do taveniny zpravidla vstupuje i přídavný materiál, který má podobu kovového jádra elektrody, případně při svařování plamenem ve formě svařovacího drátu. Tavné svařování můžeme dále dělit na svařování plamenem a elektrickým obloukem. [2]

Pro plamenové svařování se jako zdroj tepla používá plamen vzniklý spalováním acetylénu. Také lze použít i další hořlavé plyny, jako například vodík, svítiplyn či propan-butan. Tímto způsobem je možné svařovat téměř všechny železné i neželezné kovy. V současnosti se tato metoda uplatňuje převážně jen v opravárenství. Mezi hlavní důvody nahrazování plamenného svařování patří jeho velká pracnost, malý výkon a ruční vedení hořáku. Jedná se však o jednu ze základních technologií svařování, a proto je pro spoustu oborů (např. pro kováře, karosáře, zámečníky, topenáře apod.) nenahraditelná.



Elektrický oblouk slouží jako zdroj tepla při svařování el. obloukem. Ten vzniká mezi elektrodou a svařovaným předmětem, nebo mezi dvěma elektrodami, pokud jsou zapojeny na vhodný elektrický zdroj. Používá se stejnosměrného nebo střídavého proudu o napětí 10 až 70 V a o proudu 30 až 500 A ale i více. Proto není možné odebírat proud ke svařování přímo ze sítě (220 nebo 380 V), ale je nutné použít svařovací agregát (tj. třífázový motor a dynamo – motorgenerátor), který poskytuje stejnosměrný proud, nebo z transformátoru na střídavý proud. [4]



Obrázek 11 Schéma svařování el. obloukem obalenou elektrodou [23]

**Svařování tlakem** – spojované části se ohřejí v místě spoje na teplotu, při níž jsou kovy tvárné. Ke spojení součástí je nutné také ještě vyvinout potřebný tlak. Nejčastěji se používá svařování elektrickým odporem. Elektrický proud protéká svařovaným materiálem. Největší (přechodový) odpor je v místě styku svařovaných částí, kde se materiál rozžhaví a tlakem se poté spojí. Svařování probíhá bez přídavného materiálu střídavým jednofázovým proudem, jehož napětí je 1 až 20 V a proud až 100 000 A. Nejpoužívanějšími typy jsou stykové, bodové a švové svařování. Odporové svařování se používá v kusové i sériové výrobě a je možné jej dobře automatizovat.

Všechny odporové svářečky mají dvě části: elektrickou a mechanickou. Elektrická část je složena ze svařovacího transformátoru a jejím úkolem je ohřev materiálu na svařovací



teplotu. Část mechanická je složena z přitlačovacího a upínacího zařízení, sloužící k vyvinutí přitlačovací a upínací síly. [4]

### 2.2.3 Pájené spoje

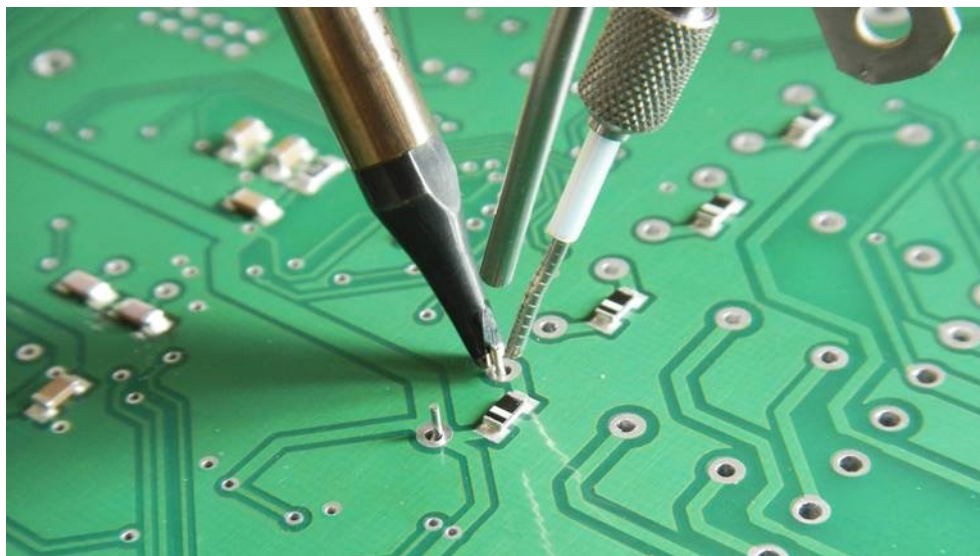
Pomocí pájení lze vytvořit nerozebíratelné spojení kovových součástí ze stejného nebo různého materiálu ztuhnutím pájky, což je roztavený přídavný kov nebo slitina. Spojované kovové části se ohřejí na pájecí teplotu, která je nižší než teplota tavení těchto materiálů, proto nedochází k jejich tavení v místě styku ani během pájení. Ve spoji dojde působením tepla k roztavení pájky, která zaplní prostor mezi spojovanými součástmi a ty se po ztuhnutí pájky trvale spojí. Ke spojení dochází zpravidla difuzí pájky do materiálu spojovaných součástí v místě spoje. Pájení se podle druhu pájek a jejich pájecí teploty rozděluje na pájení měkké (do 450 °C) a pájení tvrdé (nad 450 °C). Pomocí pájení je možné spojit i různorodé materiály, např. keramiku a kov nebo sklo a kov.

Pro spojení téměř všech kovových materiálů lze použít měkké pájení. Využívá se pro vodotěsné spoje, např. konzervy, nádrže, automobilové chladiče, okapové roury, oplechování střech, kryty zařízení a strojů atd.

Při výrobě tvarově náročných součástí a více zatížených spojů se používá tvrdé pájení. Vhodné je například na rámy jízdních kol a motocyklů, spojení přírub a trubek, nádob a připojovacích armatur, spojování nástrojů a slinutých karbidů, ve formách atd.

V porovnání se svářením tkví výhoda pájení vtom, že nedochází k tavení spojovaných materiálů a jejich vlastnosti se nemění (struktura, tvar, mechanické vlastnosti), také je vhodné pro spojování různých materiálů (též obtížně tavitelných s rozdílnou tavící teplotou). V praxi používané pájecí zařízení je velmi levné a jednoduché. Mezi nevýhody pájení patří relativně malá pevnost spoje a nutnost přípravy součástí před pájením. K ohřevu pájedel dochází pomocí elektrických topných tělísek nebo plamenem (svítiplynem, acetylenokyslíkovým, propanbutanovým) nebo pomocí pájecí lampy (benzinem). Funkční část pájedla je účelně tvarovaná a vyrobená z mědi.

Pro konstrukční pájení, ke kterému se většinou používá tvrdá pájka, slouží ohřívací pece s redukční atmosférou, vícepolohové plamenové automaty, vysokofrekvenční (indukční) ohříváče, solné lázně a odporové kleště. Také se používá ponorné pájení.



Obrázek 12 Pájení na desce plošných spojů [37]

Slitiny tvořící eutektikum, které má jediný bod tavení a dobrou zabíhavost do těsných spár jsou vhodné pro použití jako pájky. Druhy pájek jsou normalizovány. Mezi hlavní složky měkkých pájek patří cín a olovo, jejichž slitiny mají teplotu tavení kolem 180 °C. Pro tvrdé pájky se používá mědi, stříbra a hlavně slitin mědi, zinku, stříbra cínu apod.

Tavidlo má za úkol převádět oxidy z povrchu spojovaných kovů na povrch pájky a chránit ji před oxidací. Musí dobře zatékat, oproti pájce mít nižší teplotu tavení a nesmí působit korozivně.

Tavidla používaná pro měkké pájení jsou z organických nebo anorganických látek. Anorganickými složkami jsou kyselina solná, salmiak aj. Spoj je nutné po pájení očistit, aby nedocházelo ke korodování. Organická tavidla se prodávají ve formě různých past (kalafuna, tuky aj.) tavidlem pro tvrdé pájení je nejčastěji práškový borax.

Spoje se tvarují zpravidla tak, aby pájka přenášela co nejmenší zatížení. Pro měkké pájení nejsou vhodné tupé spoje. Spára by měla být co nejméně tlustá a obvykle bývá asi 0,1 mm. Je třeba brát na vědomí, že na pevnost pájeného spoje má vliv délka překrytí materiálů a též je ovlivněna fyzikálně mechanickými vlastnostmi spojovaných materiálů. [5]

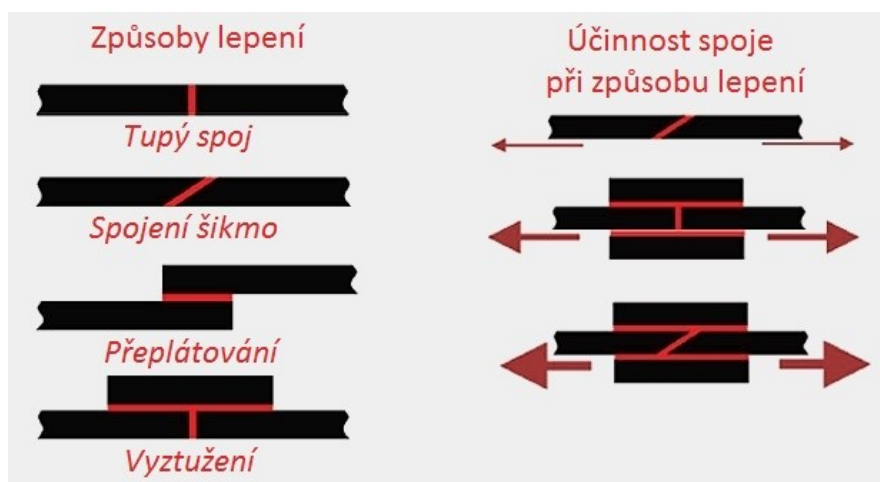
#### 2.2.4 Lepené spoje

Lepením se tvoří nerozebíratelné spojení dvou a více součástí pomocí přídatného nekovového materiálu – lepidla, jež pomocí adhezivních sil součásti spojuje. Používá se tam, kde klasické metody spojování nejsou možné nebo nevyhovují, např.: spojování kovů a plastů, kovů a skla, kovů a keramiky, ale i dvou a více různých kovů nebo plastů. Avšak

lepením nelze nahradit klasické technologie. Používání lepidel v opravárenství a sériové montáži je velmi ekonomické a progresivní, využívá se například při výrobě obuvi nebo plátování plastů.

Výhodou lepených spojů oproti nýtovaným je nepropustnost kapalin, případně i plynů. Ke spojení není zapotřebí otvorů, čímž nevznikají v blízkosti otvorů koncentrace napětí. Oproti svařování nedochází v lepeném spoji ke vzniku tepelných pnutí a deformací po svaření, které ovlivňují průběh napětí podél spoje. Oproti pájení je lepení energeticky mnohem méně náročné. V lepeném spoji je napětí rovnoměrně rozloženo. Při lepení je produktivita práce vysoká a zároveň je cena tohoto spoje nízká.

Mezi nevýhody lepených spojů patří v některých případech nižší únosnost daná únosností lepidla, dále může docházet k poklesu únosnosti v závislosti na teplotě, čase a vlivu prostředí. Při výběru druhu lepidla je proto nutné pečlivě zvažovat provozní podmínky a zatížení spoje. [5]



Obrázek 13 Způsoby lepení a únosnost lepených spojů [38]

Pryskyřice je základní složkou lepidla, podle ní rozlišujeme lepidla polyvinylchloridová, kaučuková, polyvinylalkoholová, polyvinylacetátová. Pro konkrétní spoj je nutné volit lepidlo v závislosti na druhu spojovaných materiálů, jejich tvaru a poloze lepeného místa. Důležité pro volbu jsou též podmínky, za jakých bude lepení probíhat. Jednosložková lepidla se dodávají ve formě tekutého roztoku, pasty, prášku, lepicí fólie či tyčinky. Rozšířenější jsou však dvou či vícesložková lepidla. [6]

### 3 KINEMATICKÉ MECHANISMY

Funkční celky v hnacím systému se nazývají mechanismy. Jejich úkolem je přeměna a přenos energie dodávané motorem na pracovní orgány (např. nástroje) tak, aby pracovaly podle stanovených požadavků.

Mechanismy na rozdíl od převodů vykonávajících rovnoměrný periodický pohyb konají nerovnoměrný periodický pohyb. Mechanismus je soustava navzájem pohyblivě spojených těles s jednoznačnými pohyby všech jeho členů. Pokud mají mechanismy dva stupně volnosti neboli dvojznačnou pohyblivost, jsou označovány jako diferenciály. Kromě kinematických mechanismů existují dále elektrické, hydraulické a pneumatické mechanismy.

Kinematický mechanismus je soustava těles, která jsou spojena vzájemně v jeden celek a vykonávají předem určené pohyby. Jeho úkolem je vykonávat příslušný pohyb a zároveň i příslušnou operaci. Od mechanismů používaných v moderních strojích se vyžaduje jednoduchá konstrukce, dobrá účinnost, nízká hmotnost a dlouhá životnost. Mezi výhody kinematických mechanismů patří možnost dosažení vysokých rychlostních a silových převodů pomocí jednoduchých a spolehlivých mechanických prostředků, dále jsou nenáročné na výrobu, necitlivé na teplotní změny a také nevyžadují zařízení vytvářející tlak pracovního média ani jeho rozvod. Naopak mezi nevýhody patří velká hmotnost, značné setrvačné síly, hlučný a neklidný chod, velké třecí síly, rychlost lze plynule měnit jen v menším rozsahu nebo není možné měnit rychlost vůbec a také zde nebývá pojištění proti přetížení.

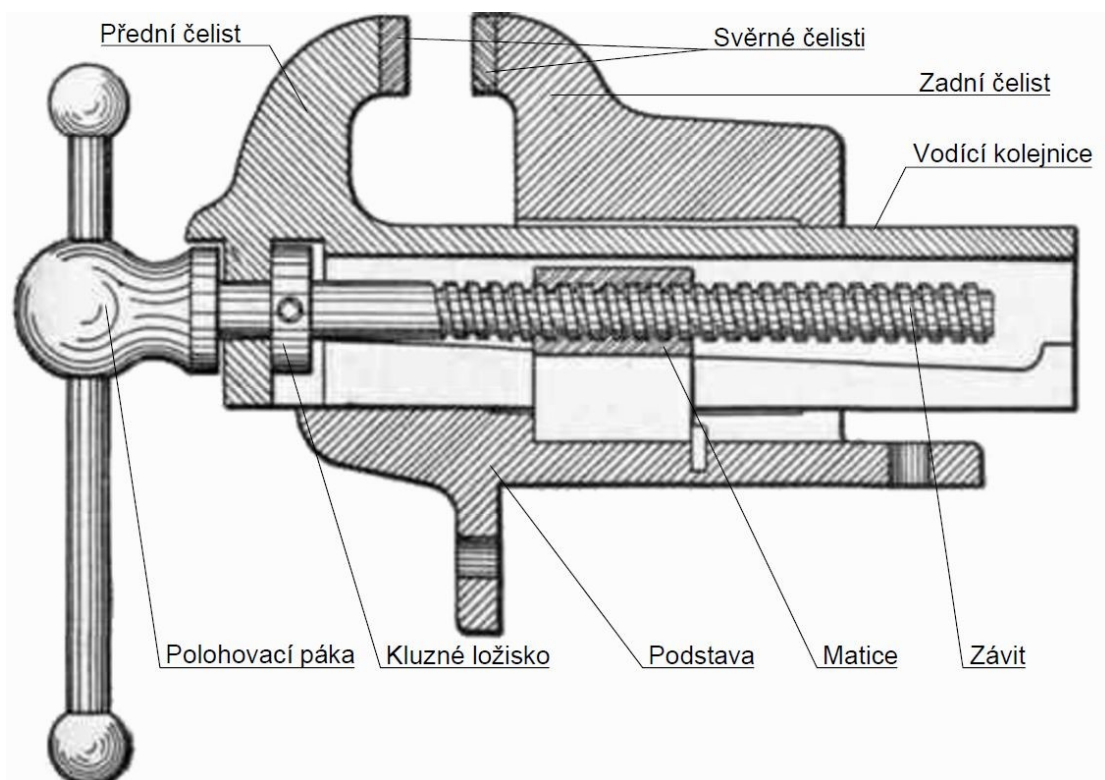
Z hlediska teorie lze kinematické mechanismy dělit na rovinné a prostorové, v praxi se mechanismy dělí na základě konstrukčních znaků a podle funkce na:

- Klikové
- Kloubové
- Šroubové
- Váčkové
- Kulisové
- S přerušovaným pohybem
- Regulační a brzdicí

### 3.1 Šroubový mechanismus

Tvoří jej pohybový šroub a matice a jeho úkolem je přeměna točivého momentu nebo šroubovitého pohybu na posuvný nebo opačně. Závit pohybového šroubu a matice může být jednoduchý nebo vícechodý. Konstrukčně je velmi jednoduchý. Může pracovat dvěma způsoby:

- Uložení matice v tělese je pevné, pohybový šroub se otáčí a současně pohybuje ve směru své osy podle smyslu otáčení, využívá se např. u šroubového zvedáku
- Matice je uložena v posuvném vedení, takže se neotáčí, ale může se posouvat ve směru osy, pohybový šroub je uložen v ložiskách, takže se může otáčet, ale nemůže se posouvat, používá se například u svěráků

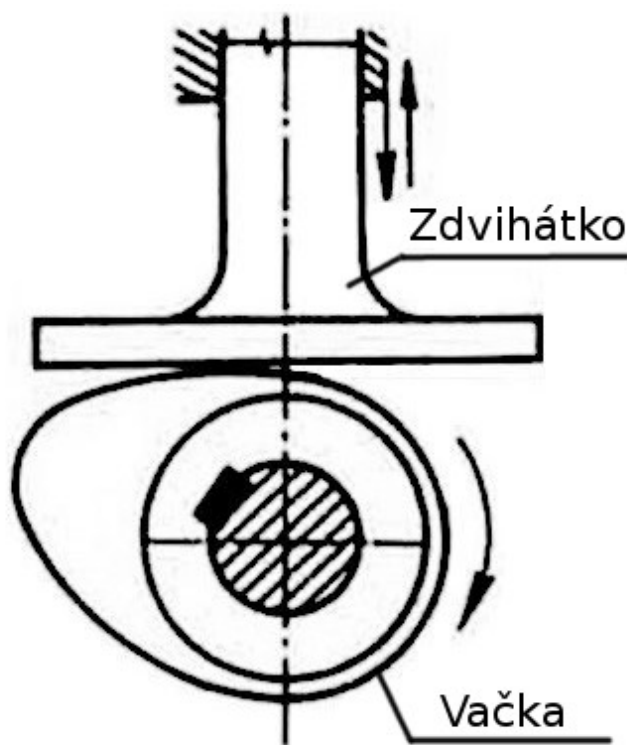


Obrázek 14 Části svěráku [24]

Při změně směru otáčení u šroubových mechanismů vždy dochází ke změně směru přímočarého pohybu. Vzhledem k velkému tření mezi závitů pohybového šroubu a matice vznikají velké ztráty. Šroubové mechanismy tedy mají poměrně malou účinnost, kterou lze zvýšit snížením tření, například použitím kuliček. Odpor proti valení je mnohem menší než smykové tření. [8, 18]

### 3.2 Vačkový mechanismus

Vačkové mechanismy jsou rovinné nebo křivkové prostorové mechanismy složené ze tří členů – rámu, hnacího křivkového členu a hnaného členu. Vačky jsou součásti používané k přenosu rotačního pohybu na zdvihátka, která vykonávají posuvný pohyb. Profil vačky odpovídá předem určenému průběhu koncového mechanismu. Nejjednodušší profil má vejčitý tvar. Tyto mechanismy mohou sloužit k přeměně rotačního pohybu na vratný posuvný nebo kývavý, také mohou vytvářet převod mezi dvěma posuvnými pohyby. Výhodou vačkových mechanismů je jejich jednoduchost, malé množství pohyblivých částí a při plynulém pohybu hnacího členu je možné zastavení hnaného členu na určitý čas. Jejich nevýhodou je nízká odolnost proti opotřebení daná vysokým tlakem ve styčných plochách, vznikající pružné deformace ve členech mechanismu způsobené náhlou změnou zrychlení zkreslují pohybovou závislost a v neposlední řadě hlučnost obzvláště při velkých rychlostech. Rovinné vačkové mechanismy jsou nejrozšířenější, avšak i prostorové mechanismy se velmi často používají u různých automatických strojů jako řídicí ústrojí. Nejznámější použití je ve spalovacích motorech pro řízení pohybu ventilů, dále se používají v textilních a obráběcích strojích a čerpadlech. [8, 31]



Obrázek 15 Vačkový mechanismus [45]

## 4 MATERIÁLY

S rozvojem převážně strojírenského průmyslu jsou kladeny stále větší požadavky na množství a vlastnosti konstrukčních a pomocných materiálů. Kovové materiály mají většinou větší hustotu, menší odolnost proti korozi i jiným chemickým účinkům, nejsou dobrými tepelnými ani elektrickými izolátory a špatně tlumí chvění. Nekovové materiály proto mají v mnohých případech lepší uplatnění. Technické slitiny s převažujícím obsahem železa jsou v průmyslu z kovových materiálů nejvíce používány. Z nekovových materiálů jsou nejdůležitější plasty. [4]

### 4.1 Výroba a rozdělení neželezných slitin

Nejdůležitějšími fyzikálními vlastnostmi jsou hustota, teplota tání a elektrická a tepelná vodivost. Hustota bývá vyšší než by odpovídala poměru hustot jednotlivých složek, teplota tání je oproti jednotlivým složkám obvykle nižší, elektrická a tepelná vodivost je v porovnání s čistými kovy nižší. Použití slitin těchto kovů ve strojírenství je dáno především jejich specifickými vlastnostmi, které se odlišují od slitin železa.

Nejčastěji se slitiny připravují mísením v tekutém stavu tak, že se hlavní – základní kov roztaví a do něj se přidá další prvek nebo jeho slitina, tzv. předslitina, která má mít přibližně stejnou teplotu tání jako základní kov. K tavení se ve slévárnách neželezných kovů se používají elektrické pece, odporové kelímkové, obloukové, indukční nebo s obloukem nad lázní.

Slitiny neželezných kovů používaných ve strojírenství se rozdělují na dvě skupiny:

- Těžké neželezné kovy a jejich slitiny, jejichž hustota je nad  $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Lehké neželezné kovy a jejich slitiny s hustotou menší než  $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Neželezné kovy se označují číselně podle ČSN 42 0055. V praxi se používá také označení chemickými symboly těchto kovů, například Al 99,5 značí hliník čistoty 99,5 %. Užívají se též jména daná chemickým složením slitiny, jako například mosaz hliníková, nebo názvy vystihující použití slitiny, jako například mosaz kondenzátorová. Též se udržely starší obchodní názvy slitin, například Silumin nebo Elektron. Všechna tato označení jsou platná, doporučuje se ovšem používat číselné označení dostatečně vystihující charakter každé slitiny. Číselné označování se skládá ze základního a zpravidla ještě doplňkového čísla. Šestimístné základní číslo označuje druh materiálu, se značkou ČSN je označením jeho normy jakosti. Doplňkové číslo je dvomístné a od základního čísla je oddělené tečkou.

Vyjadřuje stav a jakost u tvářeného výrobku a způsob tepelného zpracování a způsob odlévání u odlitků.

## 4.2 Lehké neželezné kovy a jejich slitiny

Hliník, hořčík titan a jejich slitiny se řadí mezi technicky nejvýznamnější lehké kovy. Jedná se též o důležité přísady železných i neželezných slitin. [4]

### 4.2.1 Hliník a slitiny hliníku

Slitiny hliníku patří mezi nejpoužívanější materiály z lehkých kovů. Jejich produkce každým rokem stoupá. Mezi ostatními kovy zaujímá hliník a jeho slitiny zvláštní postavení, které je dáno těmito vlastnostmi:

- Malou hustotou,  $2\,700\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- Dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí
- Dobrými mechanickými vlastnostmi a tvárností
- Chemickou odolností
- Dobrou slévateľností některých slitin a svařitelností

Jakosti hliníku se liší od sebe čistotou, tzn. množstvím obsahu nečistot. Hliník se podle ČSN 42 1400 rozděluje na dvě skupiny: Hliník tvářený a hliník na odlitky.

**Hliník tvářený** je podle normy dodáván ve třech jakostech, Al 99,85, Al 99,5 elektrovodný a Al 99,5 pro plátování. Vyrábí se ve formě drátů, fólií, tyčí o různých profilech a plechů.

**Hliník hutnický**, též zvaný hliník na odlitky má větší počet značek čistoty od 99,7 do 98 % Al. Využívá se na odlitky pro elektrotechnický průmysl, potravinářství i pro strojírenství. Výroba slitin jej spotřebovává největší množství.

K značnému zlepšení mechanických vlastností hliníku slouží přísady některých prvků. Mezi hlavní přísady patří: Cu, Mg, Si, Zn a v malých množstvích Ni a Mn. Rozdělení slitin hliníku je stejné jako u slitin mědi na slitiny tvářené a slitiny na odlitky.

Tvářené slitiny hliníku se rozdělují nejčastěji podle chemického složení. Pro konstruktéra při volbě materiálu je vhodnější rozdělení podle vlastností slitin. Z tohoto hlediska se rozdělují hliníkové slitiny na dvě skupiny:



- Slitiny s vysokými mechanickými vlastnostmi, ale s omezenou odolností proti korozi. Jejich základní přísadový prvek je Cu nebo Zn.
- Slitiny se středními mechanickými vlastnostmi, ale s dobrou odolností proti korozi. Zde používané základními přísadové prvky jsou Mg, Mn, popř. Si. [4]

Dural neboli duraluminium je obchodní označení pro slitiny, jejichž hlavní složkou (90 – 96 %) je hliník, dále obsahují a 3–4 % mědi a v menším množství hořčík a mangan. Patří mezi slitiny s vysokou pevností. Pevnost v měkkém stavu je 200 MPa a tažnost 20%. Ve vytvrzeném stavu pak pevnost dosahuje 400 až 420 MPa. V porovnání s čistým hliníkem je až pětikrát tvrdší a pevnější v tahu, přitom hustota je jen nepatrně vyšší, nejčastěji  $2\,800\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pevnost i tvrdost lze zvýšit zušlechťováním a tepelným opracováním jako v případě ocelí. Výhodou duralu je chemická odolnost, snadná obrobitelnost, lze jej dobře barvit a povrchově upravovat. Nevýhodou slitin duralu je malá schopnost tlumit otřesy a pohlcovat rázy, jelikož jejich anelastická je nízká. Další nevýhodou je nízká odolnost proti korozi, proto se plátuje čistým hliníkem. Duralové dílce je možné spojovat svařováním v ochranné atmosféře, pájet s pomocí speciálních tavidel, nýty nebo pomocí lepidel. Dodává se ve formě tyčí, profilů, a plechů.

Poprvé byl vyroben v Německu na počátku 20. století, tehdejší složení bylo 95 % Al, 4 % Cu, 0,5 % Mg, 0,5 % Mn. Dnes se ve velkém používá v automobilovém průmyslu, na výrobu rámu jízdních kol, v letectví, ve stavebnictví a při výrobě sportovního náčiní. [4, 17]



Obrázek 16 Duralové pásy [27]

#### 4.2.2 Hořčík a slitiny hořčíku

Pravděpodobně nejvýraznější charakteristikou hořčíku je jeho hustota,  $1\,700\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , což je nejnižší ze všech konstrukčních kovů, proto se jeho slitiny používají tam, kde je důležitá nízká hmotnost – v leteckém průmyslu. Hořčík je relativně měkký a má nízký modul pružnosti 45 GPa. Při pokojové teplotě se hořčík a jeho slitiny obtížně deformují, bez žíhání jsou možnosti tváření za studena omezené. V důsledku toho se většina výroby provádí odléváním nebo zpracováním za tepla při teplotách mezi 200 a 350 °C. Podobně jako hliník má hořčík relativně nízkou teplotu tání 651 °C. Nejčastěji se používá ve slitinách s hliníkem, přičemž hořčíkové slitiny lze velmi dobře obrábět. Chemicky jsou slitiny hořčíku poměrně nestabilní a jsou zvláště náchylné ke korozi v mořském prostředí. Odolnost proti korozi nebo oxidaci je však v normální atmosféře dobrá. Jemný hořčíkový prášek se při zahřátí na vzduchu snadno vznítí, proto je třeba při manipulaci v tomto stavu postupovat opatrně.



Obrázek 17 Kolo z hořčíkové slitiny [46]

Tyto slitiny mohou být lité nebo tvářené a některé z nich jsou tepelně zpracovatelné. Hlavními legujícími prvky jsou hliník, zinek, mangan a některé vzácné kovy. Tyto slitiny se používají v letectví, zbrojním a automobilovém průmyslu. V posledních letech v řadě průmyslových odvětví stoupá poptávka po hořčíkových slitinách. Pro mnoho aplikací

nahradily slitiny hořčíku technické plasty, které mají srovnatelnou hustotu, jelikož jsou tužší, lépe recyklovatelné a jejich výroba je méně nákladná. Uplatnění nachází v ručních zařízeních, jako jsou řetězové pily nebo elektrické ruční nářadí, v automobilech na volanty, sloupky a rámy sedadel a též v počítačích a mobilních telefonech. [30, 33]

#### 4.2.3 Titan a slitiny titanu

Materiálové vlastnosti titanu a jeho slitin jsou převážně ovlivněny tepelným zpracováním a složením těchto slitin. Titan je polymorfní kov, což znamená, že se může vyskytovat ve více krystalografických formách. Důležitou vlastností titanu pro konstrukční použití je jeho hmotnost, která je asi o 40% nižší než u ocele a jeho vysoká pevnost v poměru k hmotnosti je nejlepší mezi kovy. Další výhodou je vysoká odolnost proti korozi a dobrá tepelná i elektrická vodivost. Není magnetický. Obrobitelnost není příliš dobrá, je možné jej zpracovávat za tepla při střední teplotě 900 °C, je pevný a tvárný. Je možné jej svařovat elektrickým odporem (bodově) i obloukem. Titan je absolutně netečný k působení atmosférických plynů a vody, je též odolný proti vlivu většiny alkalických roztoků a minerálních kyselin. Za zvýšených teplot nad 550 °C však reaguje s kyslíkem, dusíkem, vodíkem a většinou nekovů, což způsobuje vysokou cenu výroby čistého kovu a tím limituje jeho větší uplatnění. Mezi legující prvky patří hliník, chrom, vanad a molybden. Využití titanu a jeho slitin v praxi je dáno nízkou hustotou a vysokou chemickou odolností. Používá se v letectví, kosmických technologiích, na výrobu nástrojů na kloubní náhrady, v chemickém průmyslu a na zařízení v kontaktu s mořskou vodou. [4, 29]



Obrázek 18 Titanová kloubní náhrada [32]

## 5 ERGONOMIE

Úlohou ergonomie jako vědní disciplíny je změnit přístup k navrhování techniky tak, aby nedocházelo k přetěžování člověka a zabránit poškození zdraví nebo havárii systému. Při navrhování je třeba zohlednit možnosti, schopnosti a dovednosti člověka, optimalizovat psychofyzickou zátěž a respektovat všechna jeho omezení.

### 5.1 Zátěž

Pojem zátěž je možné definovat jako soubor faktorů působících v systému člověk-technika-prostředí. Na tyto faktory člověk reaguje jak psychicko-fyziologicky, tak také svým jednáním. Jestliže úroveň zátěže dosáhne hodnoty, která narušuje pracovní pohodu, nazýváme jej stres (stresor). Tato hodnota vyjadřuje nadměrnou zátěž organismu. Zátěž může mít vliv na fyzickou i psychickou stránku člověka. [14]

### 5.2 Tělesné rozměry a pohyby

Při návrhu rozměrů strojů, kabin, sedadel, ovládacích prvků apod. je nutné znát tělesné rozměry populace, pro niž jsou tato zařízení určena. Znalost tělesných rozměrů je též nezbytná při návrhu osobních ochranných prostředků, například pracovní oděvy, obuv, ochrana hlavy. Při porovnávání tělesných znaků různých skupin lze nalézt určité rozdíly. Z toho důvodu se v ergonomii v souvislosti s využitím tělesných rozměrů platí všeobecná zásada využívat vždy rozměry dané uživatelské populace. Zohlednění antropometrických znaků se využívá též při stavebním řešení pracovišť, jako mohou být například šířka a výška dveří, chodeb, rozmístění sedadel, atd. Důležité je také využití poznatků biomechaniky a údajů o průměrných a maximálních rozsazích pohybů horních a dolních končetin, trupu a hlavy. Tyto údaje jsou důležité pro umístění a vymezení rozsahů pohybů ručních a nožních ovladačů, pro určení optimálních pracovních poloh nebo při manipulaci s břemeny.

### 5.3 Svalová síla a tělesná práce

Maximální síla je asi 80-100 N na  $\text{cm}^2$  svalového průřezu. V praxi je důležité jaká síla a jak dlouho může být vynakládána, aby nenastalo přetížení a únava. Maximální síla žen představuje asi 60-70% síly mužů. Mezi 20-30 lety je svalová síla nejvyšší. Ta pak postupně s přibývajícím věkem klesá zhruba na dvě třetiny maxima. Avšak pro různé

svalové skupiny klesá různou rychlostí. V závislosti na fyzickém věku je snížení svalové síly zhruba stejné pro muže i ženy.

Intenzitu fyzické zátěže lze posuzovat podle minutového oběhového množství krve. Horní limity se pohybují mezi 25 - 30 litrů krve, které srdce vypudí do oběhu během minuty práce. Klidová hodnota je v rozmezí asi 3,5 - 4,5 litrů. Pro měření intenzity svalové práce v praxi je rozhodující počet tepů, který je úměrný minutové spotřebě kyslíku. [25]

## **5.4 Ergonomie motorových vozidel**

V ideálním případě by vozidlo mělo být navrženo nejprve uvnitř a až poté zvenku, aby bylo vhodně přizpůsobeno potřebám řidiče, cestujících a zavazadlům. Avšak v praxi jsou motorová vozidla navržena nejprve zvenku za účelem určení jejich pozice na trhu a až poté jsou modifikována tak, aby vyhovovala potřebám majitelů. Prvními kroky jsou tedy určení hlavních vnějších rozměrů, jako jsou délka, výška, šířka vozidla, rozvor náprav, hmotnost a na základě těchto parametrů se odladí podvozkové systémy, aby se dosáhlo požadované ovladatelnosti vozidla. Neovladatelné vozidlo nelze prodávat.

Interiér vozidla je uspořádán na základě množství cestujících a nákladu, který má být vozidlem převážen. Mezi důležité faktory patří umístění oken, aby byla zajištěna dobrá viditelnost řidiče na okolní provoz, dalším faktorem je pozice řidiče a cestujících ve vozidle tak, aby mohli sedět pohodlně a zároveň dosáhli na potřebné ovladače. Třetím důležitým faktorem je umístění klik dveří, rozměr a umístění dveří a schodů tak, aby byl zajištěn snadný nástup a výstup z vozidla pro všechny cestující. Důležitý je také snadný přístup do zavazadlového a motorového prostoru. [26]

## 6 PRUŽINY

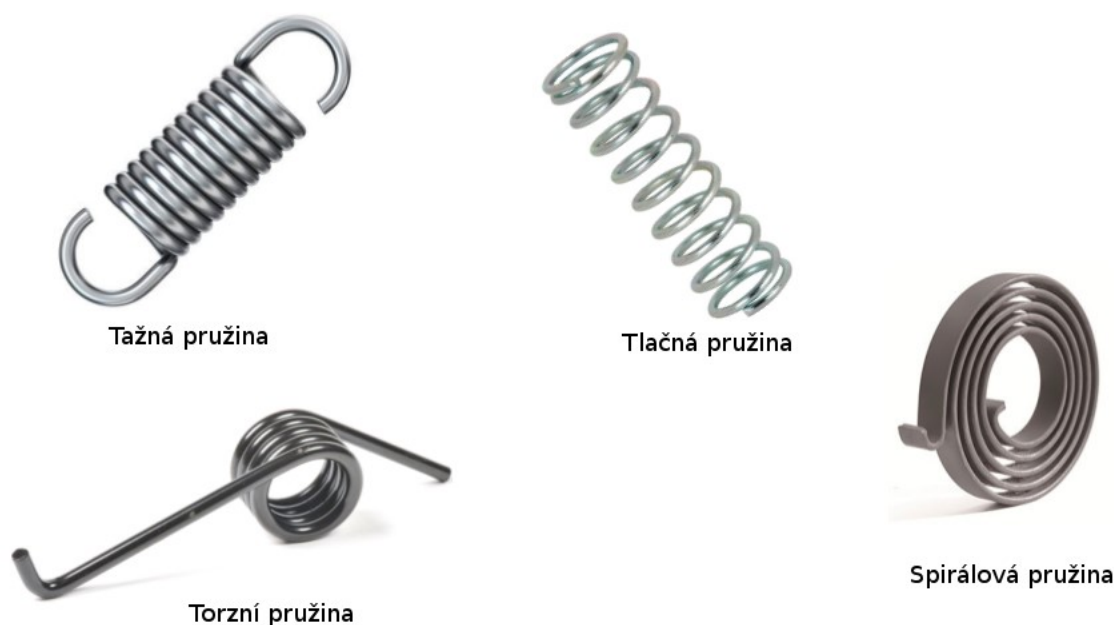
Pružiny jsou na rozdíl od jiných strojních součástí charakteristické mnohem větší deformovatelností. Vhodným tvarováním materiálu o značné tuhosti nebo použitím materiálu s velkou poddajností lze získat značnou deformovatelnost. Pružiny se řadí mezi nejvíce namáhané strojní součásti, často pracující v nepříznivých provozních podmínkách, např. při proměnlivém anebo rázovém zatížení, v korozivním prostředí, při vysokých teplotách. Pružiny používané ve strojírenství mohou být vyrobeny z kovových i nekovových materiálů. Na materiály pružin jsou kladeny rozličné požadavky. Vysoká pevnost při vysoké houževnatosti je základním požadavkem. Na základě fyzikálního principu jejich činnosti se rozlišují pružiny mechanické, pneumatické a hydropneumatické. Pružiny se nejčastěji používají jako:

- Tlumiče otřesů, rázů či kmitání,
- Zařízení k regulaci a měření sil,
- Absorbéry energie pro pohony nebo vratná zařízení,
- Pružné spojí dvou a více součástí
- Zařízení k vytvoření silových spojů
- Zachycovače statických i dynamických sil

### 6.1 Kovové pružiny

K výrobě kovových pružin se obvykle používá ocel uhlíková, legovaná nebo nerezová, případně bronz nebo mosaz na pružiny pro speciální účely. Oceli se používají nejčastěji legované s vyšším obsahem uhlíku a oceli k zušlechťování pro dosažení vyšší meze pružnosti, pevnosti a houževnatosti. Mezi nejčastější přísady patří mangan a křemík, dále chrom, wolfram, molybden. Materiály pro výrobu pružin se obvykle kalí a popouští za účelem zvýšení meze únavy. Vzhledem k použitému materiálu, typu pružiny, požadovaným vlastnostem a rozměrům se vyrábí tvářením za tepla nebo za studena. [12, 35]

Všechny pružiny, zejména dynamicky namáhané, je nutné kontrolovat kvalitu a úpravu povrchu (broušení, leštění, kuličkování a válečkování), jelikož na počátku únavových lomů jsou povrchové vady.



Obrázek 19 Druhy kovových pružin [39]

Materiál pružin se volí podle způsobu použití, velikosti namáhání, pracovním prostředím (vliv agresivních chemikálií a vysokých teplot) a na speciálních požadavcích jako například nemagnetické pružiny, korozi-vzdorné pružiny nebo požadavek elektrické vodivosti. Dále hraje roli způsob výroby, konstrukce, velikost a tvar pružin. [12]

## 6.2 Nekovové pružiny

Oproti kovovým pružinám mají nekovové pružiny řadu vlastností využitelných kromě strojírenství i v jiných oborech. Z materiálů se nejvíce používají pryže pro dynamické namáhání. Pružiny z pryže jsou velmi elastické s vysokým vlastním vnitřním tlumením, nízkou tepelnou vodivostí a mají schopnost izolovat elektrinu. Na rozdíl od kovových pružin vykazují elasticitu i v nelineární deformační oblasti při téměř úplné reverzibilitě.

Pryž je možné dobře spojovat s ocelí, neželeznými kovy a dalšími materiály, čímž se podstatně zjednodušují možnosti konstrukce pružin. Pryžové pružiny se dají vhodně tvarovat, takže mohou přenášet zatížení působící v různých směrech zároveň. Za nevýhodu pryžových pružin lze jednoznačně považovat nízkou odolnost proti nízkým teplotám pod  $-35^{\circ}\text{C}$  a vysokým teplotám nad  $+50^{\circ}\text{C}$ , dále kratší životnost vlivem stárnutí pryže, při němž dochází ke změnám fyzikálních a mechanických vlastností.

Mezi plasty vhodné na výrobu pružin se řadí například polyester, polyuretan, polyacetát, skelné lamináty apod. Tyto materiály mají požadované vlastnosti s ohledem na pružnost, houževnatost a pevnost. Na rozdíl od pryží jsou více odolné vůči teplotám, jejich rozsah

použití je v rozmezí od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+120^{\circ}\text{C}$ . Také jejich odolnost vůči některým látkám, jako například olej nebo benzín je vyšší. Dále mají vhodné fyzikální a mechanické vlastnosti v závislosti na plnivech a struktuře, jako je třeba vysoká tažnost, vrubová houževnatost a relativně vysoká pevnost v tahu. [12]



Obrázek 20 Pružina z pryže [47]

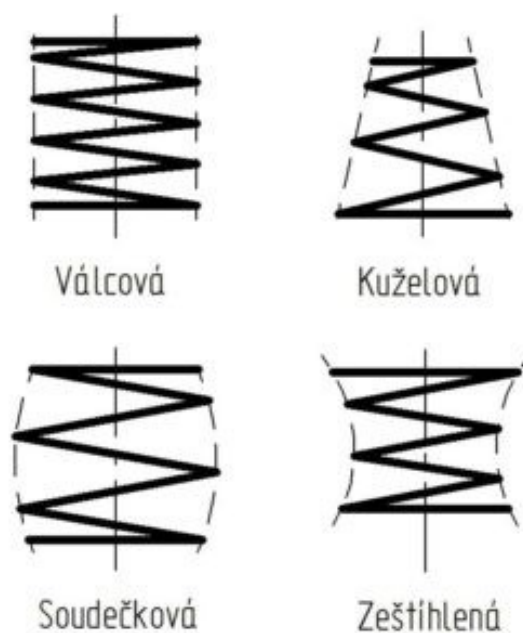
### 6.3 Pružiny podle konstrukce

Z pohledu konstrukce lze rozlišit pružiny vinuté, které se vyrábějí z drátů a pásů, talířové, tyčové, svinované (spirálové, svitkové), listové, svazky talířových a listových pružin a speciální pružiny. Pružiny z pryží a plastů existují v různých konstrukčních provedeních:

- Pružiny volné – pryžové prvky různých tvarů
- Pružiny vlisované do kovových součástí nebo s vlisovanými kovovými částmi [12]

Vinuté pružiny (Obrázek 21) mají obvykle kruhový, čtvercový nebo obdélníkový průřez. Jejich tvar může být válcový, kuželový nebo soudečkový. Vinou se přednostně s pravým smyslem stoupání šroubovice. U tlačných pružin mohou být závěrné závity buď neobrobené, nebo v případě rovinné dosedací plochy rovinné. Tažné pružiny také mohou být vinuty s předpětím, jejich závity na sebe dosedají v nezátíženém stavu. Závěrné závity u tažných pružin mají tvar závěsného oka. Existují též zkrutné vinuté pružiny.





Obrázek 21 Typy vinutých pružin [28]

Listové pružiny jsou tvořené hlavním listem s oky a dalšími listy, které jsou vzájemně přidržovány třmeny a dohromady tvoří svazek listových pružin. Šířka listů, ze kterých se pružina skládá, je normalizovaná. Tento typ pružin se nejčastěji používá pro odpružení vlaků, nákladních automobilů a obecně těžších dopravních prostředků.

Talířové pružiny jsou velmi tvrdé pružiny schopné přenášet velká zatížení s malými deformacemi. Nemají přímkovou charakteristiku, s rostoucím průhybem se zmenšuje přírůstek síly.

Nejjednodušší pružiny jsou torzní tyče, které jsou namáhané na krut. Nejčastěji bývají kruhového průřezu a konce tyče jsou většího průměru a opatřeny jemným drážkováním, které slouží k upevnění ke spojovaným odpruženým částem. Jejich tuhost závisí na délce a průměru tyče. Používají se k odpružení motorových vozidel. [6]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 CÍL PRÁCE

Tato bakalářská práce si klade za cíl zlepšit funkčnost šoupátkového mechanismu pro ovládání škrticí klapky, který se nachází v plynové rukojeti motocyklu. Vzhledem k tomu, že tento typ mechanismu se nachází na starších motocyklech, je též žádoucí, aby po úpravách zůstalo řídítko při vnějším pohledu shodné s originálním provedením. Praktická část se zaměřuje na návrh zlepšení a jeho výrobu, vyzkoušení v provozních podmínkách a zhodnocení nového provedení.

## 8 SOUČASNÝ STAV

Šoupátkový plynový mechanismus, lidově též zvaný „krutiruk“ se ukrývá uvnitř plynové (pravé) rukojeti motocyklových řídítek. Bowden je na jednom konci upevněn na škrticí klapku v karburátoru a na druhém konci je spojen s jezdcem uvnitř řídítka. Při otočení plynové rukojeti k sobě pro přidání plynu dojde k zatažení za ocelové lanko a jeho postupné vtahování do rukojeti, v karburátoru se otevře škrticí klapka a otáčky motoru se zvýší. Mechanismus v řídítce tedy mění otáčivý pohyb rukojeti na posuvný pohyb lanka. Kompletní rukojeť se skládá z těchto součástí:

- Jezdec
- Objímka rukojeti
- Záslepka rukojeti
- Rukojeť plynu
- Pryžový návlek na rukojeť

Tyto součásti a jejich funkce budou dále podrobněji popsány v následujících podkapitolách.



Obrázek 22 Originální provedení se sundanou rukojetí

### 8.1 Jezdec

Jezdec je umístěný uvnitř rukojeti, při vnějším pohledu není viditelný. Jeho rozměry jsou 62 mm na délku, 12 mm na šířku a 18,2 mm na výšku. Při montáži se nasazuje jako druhý

po objímce, o kterou ve výchozím stavu opírá svou levou částí. První se do drážky ve spodní levé části zajistí plynové lanko a poté se jezdec shora vloží do drážky v trubce řídicí. Slouží k přeměně otáčivého pohybu rukojeti na posuvný pohyb, při otočení rukojeti k sobě reaguje jezdec posunem doprava rovnoběžně s osou trubky řídicí, čímž tahá za plynové lanko a tím dochází ke zvýšení otáček motoru.



Obrázek 23 Originální jezdec

## 8.2 Objímka

Objímka se nachází na řídicíku úplně vlevo, nasazuje se tedy na rukojeť jako první. Nachází se v ní drážka pro vedení ocelového lanka upevněného v jezdcí. Slouží též jako pevná základna, ve které se otáčí rukojeť. K upevnění objímky na trubce řídicí slouží šroub, jenž se zašroubovává kolmo na osu trubky řídicí. Vnitřní průměr je 22 mm, vnější pak 42,2 mm. Vysoká je 20 mm.



Obrázek 24 Originální objímka

### 8.3 Záslepka

Záslepka se nachází na samotném konci řídítka, nasazuje se jako poslední. Spolu s objímkou slouží k otočnému uložení rukojeti a znemožňuje posun ve směru její osy. V záslepce se kolmo na její osu nachází šroub M6, který se zašroubovává přes otvor v rukojeti a v trubce řídítek, čímž drží záslepku na místě. Na opačné straně než šroub má záslepka výstupek, který zapadá do drážky v trubce řídítka, čímž je znemožněna nesprávná montáž a také je tím vymezena poloha závitu M6 vůči otvoru v trubce řídítek. Největší průměr záslepky je 32 mm, na výšku měří 23 mm.



Obrázek 25 Originální záslepka se šroubem M6

### 8.4 Rukojeť

Rukojeť je trubka kruhového průřezu o délce 127 mm, vnějším průměru 28 mm a vnitřním průměru 26 mm. Na řídítku se nachází mezi objímkou a záslepkou, které umožňují její otáčení, ale zabraňují vodorovnému posuvu. Uvnitř rukojeti na levé straně se nachází spirála o šířce 5 mm, vnitřním průměru 23 mm a celkové délce 50 mm. Její počátek je 7 mm od levého konce a má 0,9 otáček. Spirála zapadá do drážky v jezdcí a dochází k posunu jezdcí při otáčení rukojeti. Dále se na pravé straně rukojeti nachází díra o průměru 12 mm, skrz kterou se zašroubovává šroub do záslepky, který drží rukojeť pohromadě. Na řídítko se nasazuje po umístění jezdcí, při montáži je nutné spirálu uvnitř rukojeti nasunout do drážky v jezdcí.





Obrázek 26 Originální rukojeť s pryžovým návlekem

### 8.5 Pryžový návlek na rukojeť

Pryžový návlek se nasazuje na rukojeť a slouží k pohodlnějšímu a jistému úchopu rukojeti. U pravého konce se nachází otvor, který je při nasazování návlečky nutné vystředit na obdobný otvor v rukojeti, jelikož se tudy zašroubovává šroub držící záslepku. Pryžový návlek zamezuje sklouznutí ruky po hladké kovové rukojeti, čímž zvyšuje kontrolu jezdce nad motocyklem a stabilitu při jízdě i za mokra a rozdílných teplot. Jeho výhodou je také schopnost snižovat otřesy a vibrace přenášené do rukou jezdce, čímž může snižovat únavu a bolest kloubů při dlouhých jízdách. Existuje v různých barevných a tvarových provedeních, lze se setkat s návlečkou válcového nebo soudečkového tvaru.

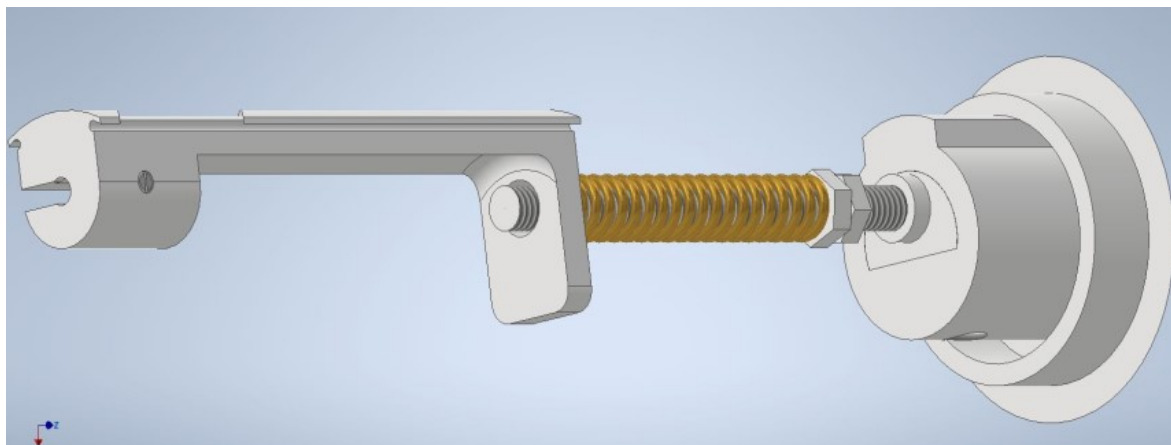
Tato součást jako jediná z originálního řešení nevyžaduje žádné úpravy, přesto má v sestavě také svou funkci. Jelikož, jak již bylo zmíněno výše, existuje vícero rozličných provedení návlečky, tudíž různí uživatelé mohou preferovat různé typy návleček. Proto návlečka nebyla součástí testovacích sad, ale je ponecháno na každém z testovacích jezdců, aby sami použili takovou, která vyhovuje jejich potřebám.



Obrázek 27 Pryžový návlek na rukojeť válcový [40]

## 9 NÁVRH ZLEPŠENÍ

Zlepšení funkčnosti mechanismu je dosaženo pomocí úpravy stávajících součástí a zároveň přidáním nových dílů a to tak, aby byla rukojeť při vnějším pohledu shodná s původním provedením. Při návrhu řešení se vycházelo z původních součástí, které byly postupně modifikovány tak, aby došlo ke zdokonalení funkce mechanismu. Modelování součástí bylo realizováno v softwaru Autodesk Inventor Professional 2022.



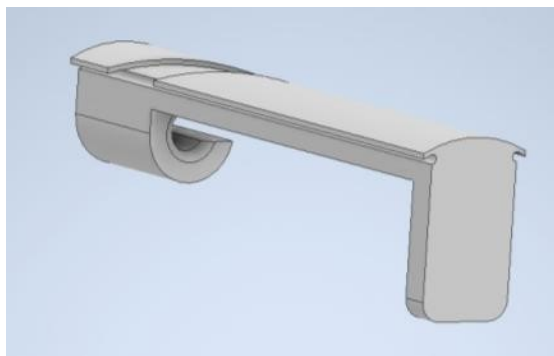
Obrázek 28 Jedna z prvotních vizualizací návrhu odlišná od finálního provedení

### 9.1 Úprava jezdcе

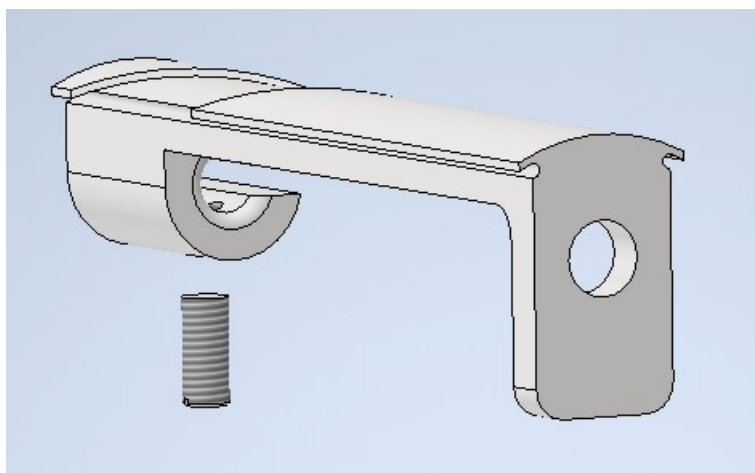
Nevýhodou originálního provedení je použití pouze jedné vratné pružiny, která je umístěna na karburátoru. V bowdenu i samotné rukojeti dochází ke ztrátám třením, tudíž přidání druhé pružiny se jeví jako vhodný způsob řešení tohoto problému. Jelikož původní jezdec nenabízel plochu vhodnou k opření pružiny, bylo zapotřebí ji vytvořit na jeho pravé straně. Tato plocha musí být stejně široká jako samotný jezdec, aby bylo možné jeho umístění shora do trubky řídítek, které probíhá až po výše zmíněném zajištění lanka do jezdcе. Dále v této nově vzniklé ploše musí být otvor, kterým prochází trn sloužící k vedení pružiny. Velikost otvoru a samotného trnu je třeba volit s ohledem na maximální šířku jezdcе, viz Obrázek 29. Taktéž bylo dbát na správné umístění všech součástí v sestavě, aby se osa otvoru v jezdci a osa trnu shodovaly a ve výsledku nedocházelo ke tření těchto dvou dílů.

Dalším nedostatkem současného provedení je nemožnost fixace plynového lanka v k tomu určené drážce, čímž při rychlejšímu ubrání plynu může vlivem působení nově přidané pružiny docházet k tomu, že se jezdec posouvá rychleji než lanko. To by vedlo k opožděné reakci motoru na ubrání plynu.





Obrázek 29 Prvotní návrh jezdce se zúženou drážkou, bez otvoru pro trn a šroubu M3



Obrázek 30 Finální návrh jezdce s otvorem pro trn a stavěcím šroubem M3

Řešením bylo přidání stavěcího šroubku M3 (Obrázek 30) do levé spodní části jezdce, ve které je umístěno lanko. Po vložení lanka do drážky jako v originálním řešení se zašroubováním šroubku, jehož osa je kolmá na osu lanka, docílí zajištění lanka v jezdci a poté již nemůže nastat opožděná reakce na prudší ubrání plynu.

Další na první pohled vhodným zlepšením bylo zmenšení šířky drážky, do které zapadá spirála v rukojeti. Možnost zmenšit šířku drážky byla otestována pomocí 3D výtisků. Ta se ukázala jako problematická, jelikož je obtížné změřit přesně rozměry spirály uvnitř rukojeti. Oproti původně předpokládanému zúžení drážky na 8 mm by bylo možné ji zúžit pouze o 1-2 mm na šířku 11-12 mm. Porovnání originálního jezdce, 3D výtisku se zúženou drážkou a dalšího výtisku, kde byla šířka drážky opět zvětšena tak, aby do ní zapadala spirála rukojeti a jezdec plnil svou funkci, ukazuje Obrázek 31.

Vzhledem k tomu, že ve finálním řešení nedošlo ke kompletní výrobě jezdce, ale pouze k úpravě stávajícího a taktéž výše zmíněné úpravy přidání šroubku M3, přivaření plochy pro opření pružiny, jakož i úpravy dalších dílů řeší tytéž nedostatky, bylo od tohoto kroku

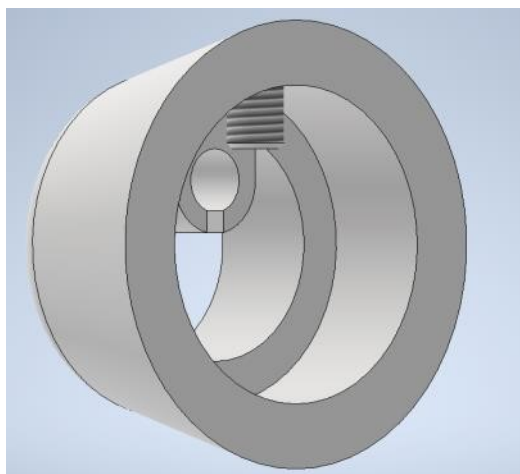
upuštěno. Jinak řečeno, zúžení drážky při nutnosti upravit původního jezdce by bylo pracné, a pokud by vliv mělo, pak bude zanedbatelný.



Obrázek 31 Srovnání šířky drážky na originálním jezdcí a 3D výtiscích

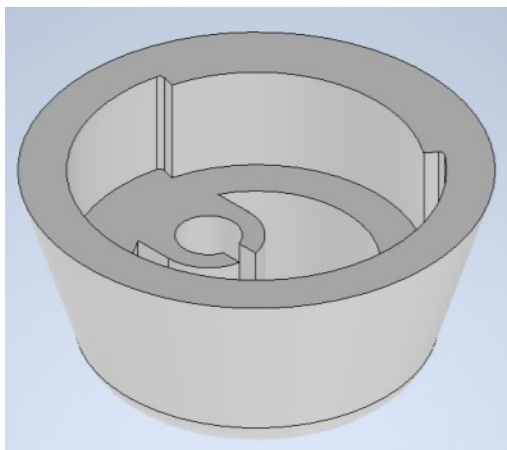
## 9.2 Úprava objímky

Nedostatkem původní objímky byla nemožnost omezení rozsahu otáčení řídítka. Problémem je, že s řídítkem lze otáčet ve směru ubírání plynu více než je nutné, čímž vzniká „hluché místo“ ve kterém se při přidání plynu nic neděje. Toto se projevuje při rozjezdech, kdy motocyklista musí otáčet řídítkem více, než je třeba, aby došlo k zatažení lanka a motor reagoval na povel jezdce. S původní objímkou je možné otočit řídítkem o  $360^\circ$ , což není nutné, jelikož pro hodnoty přidání plynu 0 – 100% dostačuje rozsah  $220^\circ$ . Jedna z možností byla přidat do objímky šroub, který by byl kolmý na osu řídítka a zasahoval by do nově vyřezané drážky v rukojeti, čímž by umožnil požadovaný rozsah otáčení a eliminoval vůle v krajní poloze.



Obrázek 32 Návrh objímky s přidaným šroubem omezujícím otáčení rukojeti

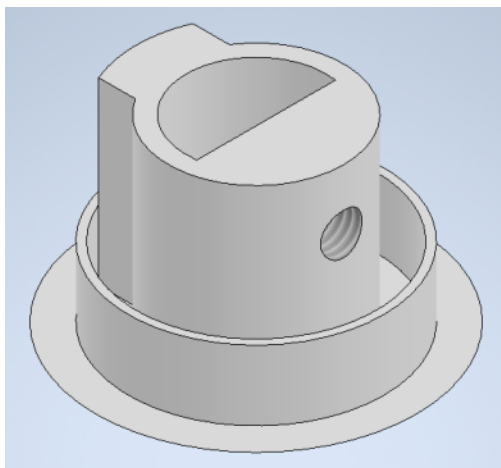
Toto řešení, ačkoliv funkční, by nesplňovalo podmínku zachování původního vzhledu při složeném řídítku, navíc by došlo k nevratnému zásahu také do samotné rukojeti. Proto jsem vyhodnotil jako vhodnější alternativní řešení, kde naopak dojde k vyfrézování drážky o rozsahu 220° v objímce. V této drážce se otáčí návarek na rukojeti. Tím je zajištěna požadovaná funkčnost a taktéž splněn požadavek na původní vnější vzhled.



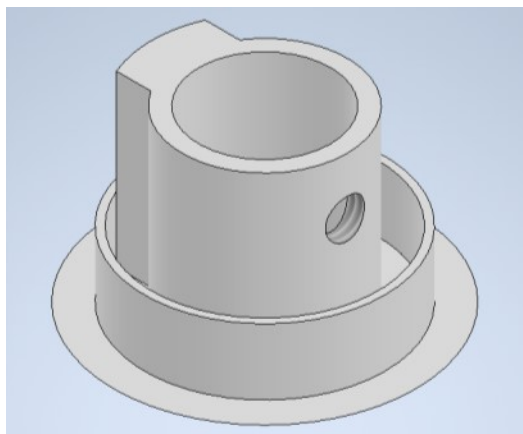
Obrázek 33 Finální provedení objímky s drážkou vytvořenou frézováním

### 9.3 Úprava záslepky

Změny záslepky zahrnovaly pouze vytvoření otvoru na vložení insertu. Původní možností bylo otvor půlkruhového tvaru pouze zvětšit a podle něj zhotovit insert půlkruhového průřezu. Z důvodu možných nerovností dna záslepky a jeho snazšího vyrovnání frézováním se přistoupilo k volbě kruhové díry o průměru 14 mm. Při tomto průměru dojde k vyrovnání dna i stěn otvoru a zároveň v záslepce zůstane část závitu M5, na který po složení navazuje závit v insertu. Dlužno podotknout, že originální záslepka používá šroub M6, kdežto v kusu z druhovýroby je zhotoven závit M5.



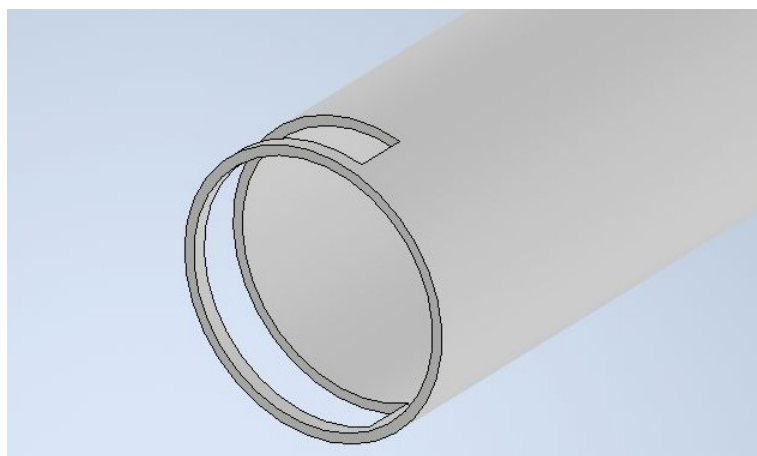
Obrázek 34 Původní návrh záslepky s otvorem pro insert půlkruhového průřezu



Obrázek 35 Konečné provedení záslepky s otvorem pro válcový insert

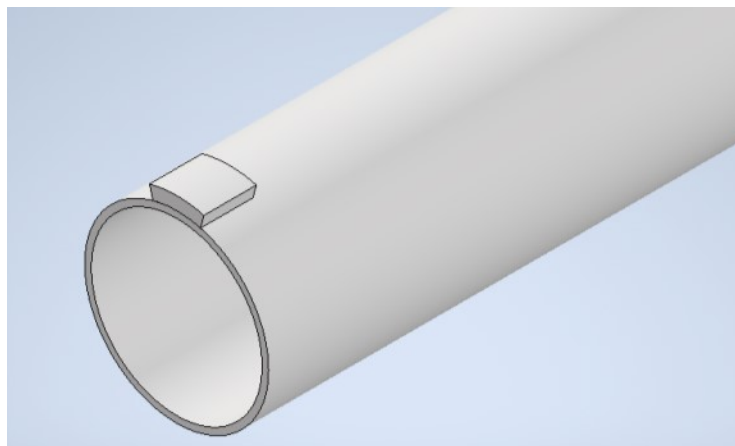
## 9.4 Úprava rukojeti

Možnosti zlepšení původní rukojeti byly již částečně zmíněny v kapitole Úprava objímky. S původní rukojetí je možné otáčet o  $360^\circ$ , přičemž maximální využitelný rozsah je  $220^\circ$ . Aby se eliminovala vůle ve výchozí poloze, bylo nutné omezit možnosti otáčení rukojeti. Prvním způsobem řešení bylo vytvoření drážky v rukojeti a přidání šroubu do objímky. Kromě narušení vnějšího vzhledu by bylo při každé montáži a demontáži potřebné šroub povolovat či přitahovat.



Obrázek 36 Prvotní varianta úpravy rukojeti s vyříznutou drážkou pro šroub

Jako výhodnější se jeví opačný způsob omezení otáčení, tedy vytvoření drážky v objímce a přidání materiálu na rukojeť, který umožní otáčení pouze v rozsahu dané drážky, tedy požadovaných  $220^\circ$ .



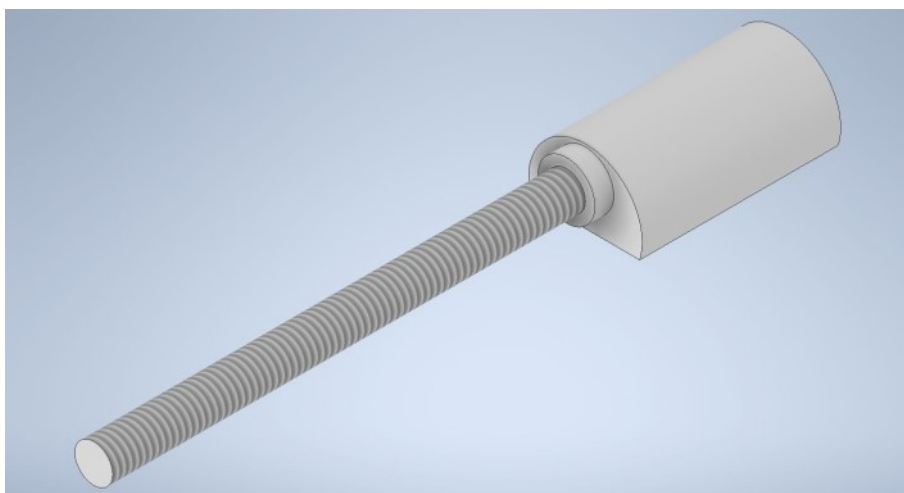
Obrázek 37 Varianta rukojeti s přidanou zarážkou použitá ve výrobě

## 9.5 Pomocné součásti

Pro zlepšení funkčnosti mechanismu bylo nutné nejen upravit součásti v sestavě již obsažené, ale taktéž přidání pomocných součástí. Všechny tyto dílce mají za úkol primárně zlepšit vracení jezdce.

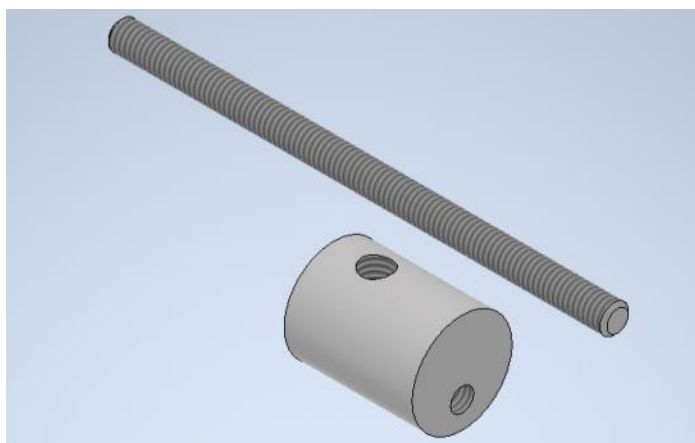
### 9.5.1 Insert

Insert je první ze součástí, která nefiguruje v původním mechanismu. Jedná se o váleček o průměru 14 mm a výšce 18 mm. Prvotní návrh počítal s insertem půlkruhového průřezu, který by zároveň obsahoval závit sloužící jako trn pro pružinu, avšak z důvodů popsaných dříve se jako optimálnější jeví insert válcového průřezu a taktéž je výrobně jednodušší rozdělit závitovou tyč a insert na dvě součásti.



Obrázek 38 Původní návrh insertu půlkruhového průřezu se závitovým trnem  
Rovnoběžně s osou insertu je průchozí otvor, ve kterém je vyřezaný závit M4, do kterého se zašroubuje závitová tyč. Kolmo na osu insertu je další díra, tentokrát se závitem M5. Ta

slouží pro šroub M5x8, jež je obsažen v originálním řešení na zajištění objímky a prochází přes její závit do závitu v insertu. Pružinu na závitové tyči zajišťuje samojistná matice s podložkou. Prvotní návrh pracoval s použitím dvou obyčejných matic M4, jejichž nežádoucímu pohybu by bylo zabráněno jejich vzájemným zašroubováním proti sobě. Při nutnosti nastavovat pružinu jednorázově, natož pak při opakovaném testování nejvhodnější polohy matic by byl uživatel nucen pracně povolovat a přitahovat obě matice, což je časově poměrně náročné. Z tohoto důvodu je v konečném návrhu použita jedna matice samojistná, jež značně urychluje přenastavení požadované tuhosti pružiny.



Obrázek 39 Finální provedení insertu a závitové tyče

### 9.5.2 Pružina

Úkolem tlačné pružiny je zlepšit vracení jezdce při ubrání plynu, jelikož v původním řešení je pouze jedna pružina na karburátoru, která vlivem mimo jiné třecích ztrát nemusí stíhat adekvátně reagovat na změnu polohy plynové rukojeti. Nová pružina se nasazuje na závitovou tyč, která slouží k jejímu vedení. Na pravé straně je pružina zajištěna podložkou s maticí, která umožňuje regulovat její tuhost. Levá část se opírá o jezdce. Požadavky na pružinu byly délka v nezátíženém stavu 45 mm a vnitřní průměr pružiny takový, aby pasovala na závitovou tyč M4. Byly zakoupeny 4 typy pružin, z nichž se hledala jedna nejvhodnější, která byla nakonec použita v sestavě. Rozměry testovaných pružin ve formátu  $D_1 \cdot d \cdot z \cdot L_0$  jsou následující:

- Pružina A, rozměry 8·0,7·21,25·50
- Pružina B, rozměry 8·0,8·18,25·40
- Pružina C, rozměry 8·0,7·17,25·40
- Pružina D, rozměry 11·1·10,5·41

Při použití pružiny kratších než 45mm je nutné povolení matice tak, aby byla pružina mezi maticí a jezdcem v předpruženém stavu.



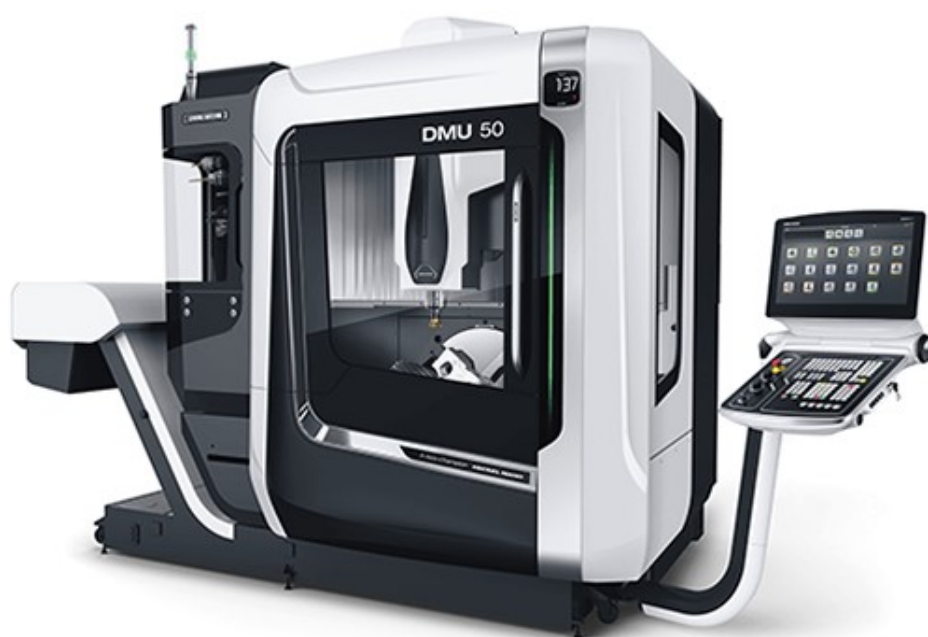
Obrázek 40 Pružiny testované v sestavě, zleva A, B, C, D

Při testování pružin vyšlo najevo, že pružiny A, B a C mají díky menšímu průměru drátu horší schopnost vracení jezdce než pružina D. Vzhledem k jejich většímu množství závitů by mohla nastat nemožnost plného otočení říditka z důvodu jejich délky při plném stlačení, případně by se musela odstranit matice, čímž by sice vzniklo více prostoru pro pružinu, ale zase by nebyla možnost jejího nastavení. Jelikož existuje více provedení karburátorů, na kterých proběhne testování, s různými možnostmi nastavení lanka, bylo zapotřebí zvolit nejvšestrannější pružinu, a z testovaných vzešla nejlépe varianta D. Její menší počet závitů umožňuje z testovaných pružin nejlepší stlačitelnost, čímž je dosažen velký rozsah nastavení pomocí matice. Zároveň díky většímu průměru drátu je schopna lépe vracet jezdce. Nevýhodou je větší vnitřní průměr 9 mm, tudíž se pružina při stlačování na závitové tyči více deformuje, což může způsobovat vychýlení jezdce a jeho drhnutí o rukojeť. Délku pružiny 41 mm lze kompenzovat povolením matice, tudíž se nejedná o problém.



## 10 VÝROBA ZLEPŠENÍ

Při výrobě zlepšení nebylo možné upravit originální součásti, jelikož ty jsou dnes již poměrně vzácné a špatně dostupné. Originální díly byly zapůjčeny, aby bylo možné vše přesně naměřit a vymodelovat, poté byly vráceny majiteli v původním stavu. Nabízely se tedy možnosti kompletní výroby, nebo použití originálních dílů z druhovýroby jako polotovarů. Jelikož by kompletní výroba byla časově náročná a hůře realizovatelná vzhledem k tomu, že některé součásti jsou vyráběné odléváním, zvolila se druhá možnost a jako polotovarů se využilo dílů z druhovýroby.



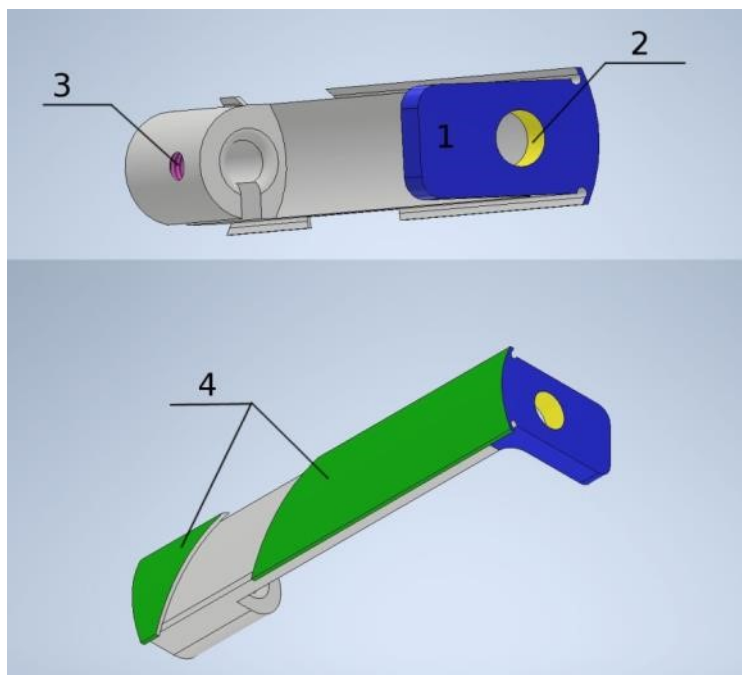
Obrázek 41 Pětiosé obráběcí centrum DMU 50 výrobce DMG MORI [42]

### 10.1 Výroba jezdce

Kompletní výroba jezdce byla dlouho zvažována a bylo by možné ji realizovat bez odlévání, ale jelikož se jedná o nejkomplicovanější součást ze sestavy, bylo z časových důvodů rozhodnuto o úpravě verze z druhovýroby. Tyto úpravy zahrnovaly více poměrně jednoduchých úkonů, které na sebe navazovaly, viz Obrázek 42:

- 1.) Přivaření plochy o rozměrech 15x10x3 mm pro opření pružiny
- 2.) Vyvtření otvoru o průměru 5 mm v této ploše
- 3.) Vytvoření závitové díry M3 v levé části pro uchycení jezdce
- 4.) Ruční zabroušení ostrých hran





Obrázek 42 Grafické znázornění pořadí úprav jezdce



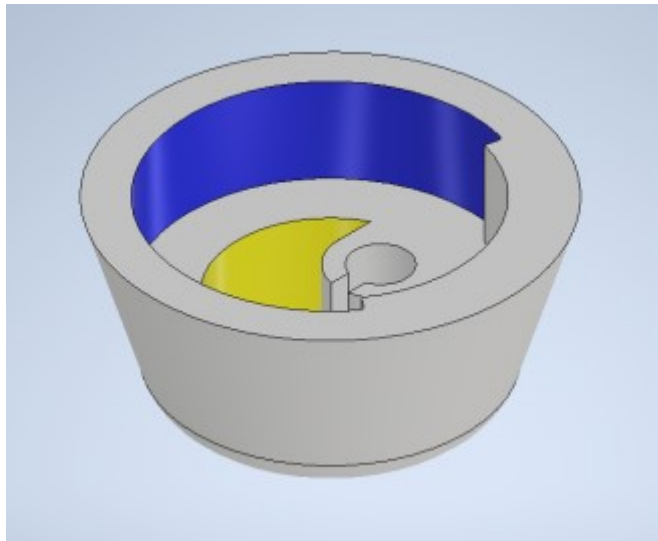
Obrázek 43 Vyrobený upravený jezdec se stavěcím šroubem M3

Zabroušení hran bylo nutné primárně kvůli švu uvnitř rukojeti, který o jezdce zadržával. Po jejich opracování již k zadržávání rukojeti nedocházelo.

## 10.2 Výroba objímky

Jak již bylo zmíněno v kapitole úprava objímky, bylo zapotřebí v ní vyfrézovat drážku pro vedení zářezky navařené na rukojeti. Tato úprava byla realizována na pětiosém obráběcím centru DMU 50 od firmy DMG MORI. Jako polotovaru bylo použito objímky z druhovýroby. Upnutí objímky bylo vzhledem k jejímu tvaru nejobtížnější ze všech součástí, bylo zapotřebí zajistit ji šroubem s maticemi a dalším šroubem kolmým na její osu, aby se zabránilo pootočení během frézování drážky. Po dokončení obrábění bylo zjištěno, že její nasazení na trubku řídítek vyžadovalo větší sílu a proto byla tato plocha,

kterou znázorňuje žlutě Obrázek 44, ručně zabroušena, aby bylo nasazování objímky bezproblémové.



Obrázek 44 Modrá plocha – vyfrézovaná drážka, žlutá plocha – ruční broušení



Obrázek 45 Upravená objímka s vyfrézovanou drážkou

### 10.3 Výroba záslepky

Vyrobená záslepka využívá jako polotovaru záslepku z druhovýroby, ve které došlo pouze ke změně otvoru půlkruhového průřezu na díru o průměru 14 mm a hloubce 18 mm. Frézování této díry proběhlo opět na obráběcím centru DMU 50. Díra slouží k uložení insertu, a protože je nutné, aby závit záslepky navazoval na závit insertu, je voleno uložení s vůlí pro snazší usazení insertu a vystředění jeho otvoru na otvor v záslepce. Po usazení je insert v záslepce pevně zajištěn lepením.



Obrázek 46 Hotová záslepka s vyfrézovanou dírou

## 10.4 Výroba rukojeti

V případě rukojeti byly úpravy nejmenší, došlo pouze k navaření plechu 8x8 mm a tloušťce 2 mm, který slouží jako záložka pohybující se v drážce objímky a tím omezující rozsah otáčení rukojeti. Výhodou tohoto řešení v porovnání s drážkou v rukojeti je možnost v případě potřeby návarek odbrousit a tím uvést do původního stavu, nebo v případě nutnosti jej navařit znovu v jiné poloze.



Obrázek 47 Plech sloužící jako záložka navařený na rukojeť

Po prvním složení celého říditka se ukázalo, že šev uvnitř rukojeti se zadrhává o jezdec a tím je znemožněna správná funkčnost. Tento šev by uvnitř trubky, ze které byla zhotovena rukojeť, vůbec neměl být, jelikož v originálním řešení je použita trubka bezešvá. Pokud se výrobce z jakýchkoli důvodů rozhodl použít trubku obsahující šev, měla zde být snaha o jeho vybroušení před navařením spirály dovnitř trubky. Jelikož k tomu nedošlo, bylo nutné

pro zajištění funkčnosti ručně za pomoci brusných kotoučů a válečků nasazených do aku vrtačky tento šev odstranit.



Obrázek 48 Šev uvnitř trubky před jeho odstraněním

Nástroje, které byly k dispozici, však byly poměrně krátké vzhledem k délce trubky rukojeti, proto v jejím středu nebylo možné šev plně odstranit. Při odstraňování švu bylo třeba dbát na to, aby během broušení nedošlo k poškození spirály. Sluší se taktéž podotknout, že šev je v každé z trubek vůči spirále v jiné pozici, tudíž u každé trubky bylo broušení jinak náročné a pracné. Jelikož bylo nutné průběžně zkoušet zlepšení funkčnosti mezi broušením, byly tyto úpravy zdlouhavé a časově více náročné než samotné úpravy soustružením a CNC obráběním.



Obrázek 49 Brusné kotouče a válečky použité k odstranění nedostatků

## 10.5 Výroba insertu a závitové tyče

Finální verze insertu ve formě válečku o průměru 14 mm a výšce 18 mm používá jako polotovaru kruhovou tyč o průměru 20 mm a délce 30 mm z hliníkové slitiny EN AW –

7075. Výroba proběhla taktéž na obráběcím centru DMU 50, kde došlo k vyfrézování na daný průměr a délku a byly předvrtány díry pro závity M4 a M5. Řezání závitu M4 probíhalo ručně pomocí závitníku a vratidla, aby se z časových důvodů na obráběcím centru mohly obrábět další součásti. Při prvotním vkládání insertu do záslepky se u jednoho kusu ukázala nutnost jeho průměr mírně zmenšit soustružením, aby bylo dodrženo uložení s vůlí. Potřeba této úpravy byla pravděpodobně způsobena mírou deformací insertu, ke které došlo při upínání do svěráku za účelem řezání závitu M4. Byl použitý soustruh TOS S-32 Žebrák.

Závitová tyč M4 byla zakoupena ve standartní délce 1 m a poté ruční pilou na kov z ní byly nařezány požadované délky 70 mm. Poté byly pilníkem sraženy hrany. Závitová tyč byla v insertu zalepena a zároveň byl tento celek vlepen do záslepky. Poté byl dořezán závit M5, aby navazoval na závit v záslepce. Z pohledu uživatele tedy záslepka, insert a závitová tyč tvoří jeden celek, což značně usnadňuje montáž a zabraňuje nežádoucímu pohybu těchto součástí vůči sobě.



Obrázek 50 Insert se závitovou tyčí M4 před spojením lepidlem

Všechny tyto součásti jsou zajištěny lepidlem Loctite 271. Jedná se o vysoko pevnostní jednosložkové lepidlo určené pro závitové spoje s nízkou viskozitou pro snadné zatékání. Odolává vibracím a je vhodné pro spojování kovových materiálů. Případná demontáž je obtížná, avšak možná. Stejně lepidlo je použito také na zajištění insertu v záslepce. [41]





Obrázek 51 Lepidlo Loctite 271 použité na závitovou tyč, insert a záslepku  
Při montáži se volný konec závitové tyče vsune do pro ni určeného otvoru v jezdcí. Na závitové tyči je v ten moment již nasazená a nastavená pružina zajištěná podložkou a samojistnou maticí M4. Tento celek zobrazuje Obrázek 52. Jelikož je otvor v jezdcí větší než průměr závitové tyče, nemůže docházet ke kontaktu těchto součástí, jenž by jinak způsoboval nechtěné tření.



Obrázek 52 Celek záslepky s vlepeným insertem a závitovou tyčí

## 11 ZHODNOCENÍ ZLEPŠENÍ

Po skončení úpravy součástí na soustruhu a 5ti osém obráběcím centru bylo nutné součásti ručně doladit tak, aby každý díl v každé z testovacích sad plnil svou funkci, jelikož díly z druhovýroby vykazují mírné odlišnosti. Po prvním složení na samotných testovacích říditkách se ukázalo, že díly do sebe zapadají, jak by měly a i když na nasazení objímky a záslepky bylo nutné vyvinout větší sílu, stále byla montáž poměrně hladká. Hlavním problémem bylo zadrhávání rukojeti. To bylo způsobeno švem uvnitř rukojeti, jehož odstranění bylo z celé výroby nejpracnější.

Po zabroušení švu a hran jezdce a taktéž po použití maziva již mechanismus při testování na samotném říditku fungoval bez problému. Poté se přistoupilo k montáži karburátoru požitému na Jawě 555 na plynové lanko, čímž byla simulována funkčnost na kompletním motocyklu. Zde se ukázala potřeba zkrátit bowden přibližně o 1 mm, aby se škrticí klapka v karburátoru plně uzavírala. To bylo dáno tím, že v jezdcí z druhovýroby je uchycen konec lanka dlouhý 4 mm, kdežto v originálním provedení 1 mm. Také to může být způsobeno mírnou odlišností v geometrii spirály uvnitř rukojeti. Nejedná se tedy o vadu návrhu, který vychází z originálních součástí, jež se od součástí z druhovýroby mírně odlišují. Dále bylo zjištěno, že rozsah otáčení  $220^\circ$  je pro použitý karburátor větší než by bylo zapotřebí, v tomto konkrétním případě by postačoval rozsah přibližně  $150^\circ$ , nicméně během návrhu bylo nutné počítat s tolerancí, aby šlo řešení použít na širokém spektru motocyklů s různými karburátory vybavených tímto mechanismem.

Celkově lze zlepšení hodnotit jako úspěšné, jelikož nedostatky původního provedení byly eliminovány a nové řešení využívající součásti z druhovýroby je po jejich úpravě plně funkční.



Obrázek 53 Výsledná podoba návrhu při sundané rukojeti

## 12 ZKUŠENOSTI UŽIVATELŮ

Zlepšení bylo vyhotoveno ve třech sadách, které byly následně předány zájemcům k otestování. Byl vytvořen krátký dotazník, kde byly testerům položeny následující otázky:

- 1.) Jak hodnotíte obtížnost montáže a demontáže v porovnání s originálním provedením?
- 2.) Co považujete za hlavní přínos navrženého konstrukčního řešení?
- 3.) Jak je na tom podle Vás nové řešení z hlediska ergonomie?
- 4.) Co si myslíte o velikosti rozsahu nastavení pružiny v rukojeti, je podle Vás dostatečné?
- 5.) Bylo nutné z Vaší strany některé součásti upravit pro správnou funkčnost?
- 6.) Uveďte prosím typ motocyklu, na kterém jste testoval/a mechanismus.

Obtížnost montáže byla hodnocena jako srovnatelná s originálním provedením, tudíž pro zručného člověka bezproblémová. Za hlavní přínos navrženého konstrukčního řešení je považováno minimalizování vůle rukojeti, tudíž plyn reaguje okamžitě a s přesností. Z hlediska ergonomie je nové řešení shodné s originálním provedením. Velikost rozsahu nastavení pružiny je hodnocena jako plně dostačující. Pro správnou funkčnost bylo nutné nepatrně zkrátit bowden, asi o 1 mm. Testování proběhlo na Jawě 50 typu 555.

Bohužel i přes dostatek času na testování a opakovaná upozornění 2 z testerů nedodali vyplněné dotazníky před termínem odevzdání práce.



## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout zlepšení stávajícího mechanismu pro ovládání škrtecí klapky nacházejícím se v rukojeti motocyklu. Přitom bylo nutné zachovat původní vnější vzhled. Teoretická část shrnuje poznatky nutné pro porozumění dané problematice. Věnuje se základním technologiím obrábění, hovoří o možnostech spojování strojních součástí, zabývá se vybranými kinematickými mechanismy, zmíněny jsou vhodné materiály se zaměřením na lehké neželezné kovy a jejich slitiny, pojednává o ergonomii a uvádí rozličná provedení pružin.

V praktické části se zaměřuje na dokumentaci originálního provedení, návrhu jeho zlepšení pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2022, výrobu tohoto návrhu na pětiosém obráběcím centru DMU 50 výrobce DMG MORI a také pomocí ručních způsobů obrábění. Dále hodnotí kvality tohoto zlepšení z hlediska funkčnosti. Formou dotazníku byli osloveni 3 zájemci o testování, jejichž zkušenosti a poznatky vypovídají o úspěšném odstranění nedostatků originálního provedení.

Po odzkoušení na samotném řídítku a poté i během testování za pomoci dobrovolníků lze konstatovat, že nové řešení odstraňuje jak vůli v rukojeti v počáteční poloze, tak i pomalou reakci motoru na ubrání plynu způsobenou nedostatečnou silou pružiny v karburátoru. Těchto zlepšení je dosaženo při původním vnějším vzhledu a přes větší množství součástí oproti originálu je montáž bezproblémová díky navrženým tolerancím a také využití spojení více součástí v jeden celek.

Největším problémem při úpravě součástí byly mírné odlišnosti nakoupených součástí oproti dobové výrobě, které si vyžádaly pracné a zdlouhavé ruční odstraňování těchto nedostatků. Pokud by nastala výroba tohoto řešení ve větším měřítku, bylo by vhodné zvážit možnost kompletní výroby všech součástí, čímž by byla zajištěna vyšší přesnost výroby a značná časová úspora.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [2] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02533-0.
- [3] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [4] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1*. 3. přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002. ISBN 80-7183-262-6.
- [5] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [6] ŘEŘÁBEK, Antonín. *Stavba a provoz strojů 1: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2006. ISBN 80-86960-021.
- [7] VOLEK, František. *Základy konstruování a části strojů I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009, 167 s. ISBN 9788073186548.
- [8] VOLEK, František. *Základy konstruování a části strojů II: Mechanizmy strojů*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2009. ISBN 80-7318-111-8.
- [9] Soustružení vnějších ploch. *Sandvik Coromant* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/general-turning/pages/external-turning.aspx>
- [10] Druhy soustružnických nožů. *Ostravská univerzita* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/03015.html>
- [11] Hrotový soustruh. *Ostravská univerzita* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/soustruzeni/02000.html>
- [12] BOLEK, Alfred a Josef KOCHMAN. *Části strojů*. 5. přeprac. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. Technický průvodce. ISBN 80-03-00426-8.
- [13] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I.: spojovací části strojů-návrh-výpočet-konstrukce*. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-018-3.
- [14] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [15] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I ZÁKLADNÍ METODY OBRÁBĚNÍ 1. část* [online]. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2004 [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/7907896-Technologie-i-zakladni-metody-obrabeni-1-cast.html>

- [16] Drilling a hole. *Sandvik Coromant* [online]. [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/drilling/pages/default.aspx>
- [17] Duralumin. *Ebykr* [online]. [cit. 2021-12-26]. Dostupné z: <https://www.ebykr.com/duralumin-history-and-use-in-bicycle-building/>
- [18] Šroubový mechanismus. *ELUC* [online]. [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1906>
- [19] *Walter-tools* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://walterstrgprod.blob.core.windows.net/files/sitecollectionimages%2Fcampaigns%2Fxt-landingpage%2Fxt-7-picture-m5137.png>
- [20] Vrtáky a vrtání. *Kutil.cz* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://www.kutil.cz/pictures/blog/vrtaky%20ilustrace%20a%20KUTIL.cz.jpg>
- [21] *Rozebíratelné spoje* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/rozebiratelnespoje/>
- [22] Spoje a spojovací součásti: Nerozebíratelné spoje. *Publi.cz* [online]. [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/208/images/pics/2/foto4.jpg>
- [23] Svařování obalenou elektrodou. *Svářecí kukla.cz* [online]. [cit. 2021-12-30]. Dostupné z: <https://www.svarcikukla.cz/blog/mma-svarovani-obalenou-elektrodou/>
- [24] Části svěráku. *Chest of Books* [online]. [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://chestofbooks.com/home-improvement/workshop/Machine-Shop-Work/images/Fig-43-Bench-Vise.jpg>
- [25] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie Optimalizace lidské činnosti*. Grada, 2002. ISBN 8024702266.
- [26] SALVENDY, Gavriel. *Handbook of human factors and ergonomics*. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, c2012. ISBN 978-0-470-52838-9.
- [27] Duralový pásek 4x40x1000mm. *Pecka modelář* [online]. [cit. 2021-12-31]. Dostupné z: <https://www.peckamodel.cz/content/files/images/eshop-produkty/29469/nahled-velky.jpg>
- [28] Vinuté pružiny. *Strojařská bible* [online]. [cit. 2021-12-31]. Dostupné z: <https://www.strojarskabible.cz/odpruzeni-vozidel/vinute-pruziny/>
- [29] CHAPMAN, Woodrow. *Modern Machine Shop Guide to Engineering Materials*. Cincinnati, Ohio: Hansen gardner publications, 2004. ISBN 1-56990-358-1.
- [30] CALLISTER, William D. *Materials Science and Engineering*. 9th edition. Hoboken, NJ.: Wiley, 2015. ISBN 978-1-118-31922-2.
- [31] CLEGHORN, William L. a Nikolai DECHEV. *Mechanics of machines*. International second edition. Oxford: Oxford University Press, 2016. ISBN 978-0-19-937991-0.

- [32] Titanová kyčelní náhrada. *Very Well Health* [online]. [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.verywellhealth.com/hip-replacement-part-material-4157864>
- [33] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Základy konstruování*. 9. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2022. ISBN 978-80-7623-089-7.
- [34] WALKER, John R. a Bob DIXON. *Machining fundamentals*. 10th edition. Tinley Park, IL: The Goodheart-Willcox Company, 2019. ISBN 9781635632088.
- [35] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTUM, 2010. ISBN 9788021426290.
- [36] HOFFMAN, Peter J. a Eric S. HOPEWELL. *Precision machining technology*. Third edition. Australia ; Brazil ; Mexico ; Singapore ; United Kingdom ; United States: Cengage, 2020. ISBN 978-1-337-79530-2.
- [37] Pájení plošných spojů. *Kuka.com* [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: [https://www.kuka.com/-/media/kuka-corporate/images/industries/case-studies/alnea/alnea\\_kuka-kr-agilus\\_2.jpg?rev=-1&w=767&hash=4A6EFC5FB5F0D733DF9C35CB195C9CA3](https://www.kuka.com/-/media/kuka-corporate/images/industries/case-studies/alnea/alnea_kuka-kr-agilus_2.jpg?rev=-1&w=767&hash=4A6EFC5FB5F0D733DF9C35CB195C9CA3)
- [38] Způsoby lepení. *Plastum.cz* [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://plastum.cz/content/lepeni/zpusoby-lepeni.jpg>
- [39] Druhy kovových pružin. *Smlease Design* [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.smlease.com/entries/mechanism/types-of-springs-and-their-applications/>
- [40] Pryžový návlek na rukojeť válcový. *MotoJelinek.cz: Návlečka řídítek (šedá), PRAVÁ - JAWA, ČZ* [online]. [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: [https://www.motojelinek.cz/fotky48094/fotos/\\_vyrn\\_47074117--Kopirovat-a.jpg](https://www.motojelinek.cz/fotky48094/fotos/_vyrn_47074117--Kopirovat-a.jpg)
- [41] LOCTITE 271. *Henkel-Adhesives.com* [online]. [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: [https://www.henkel-adhesives.com/cz/cs/produkt/threadlockers/loctite\\_271.html](https://www.henkel-adhesives.com/cz/cs/produkt/threadlockers/loctite_271.html)
- [42] DMU 50 3rd Generation. *DMG MORI* [online]. [cit. 2023-05-04]. Dostupné z: <https://www.dmgmori.co.jp/en/products/machine/id=1440>
- [43] Sloupová vrtačka GSB 20/812 R+L. *Güde.cz* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.gude.cz/vrtacky/sloupova-vrtacka-gsb-20-812-r-l-gude.html>
- [44] Kolík rýhovaný válcový DIN 1470 s osazením. *Briol.cz* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.briol.cz/cs/p-639-kolik-ryhovany-valcovy-din-1470-s-osazenim>
- [45] Vačkový mechanismus. *Eluc.ikap.cz* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1910>
- [46] Magnesium Wheel. *Magnesiumwheels.com* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://magnesiumwheels.com/for-engineers.html>

[47] Rubber springs. *GMTrubber.com* [online]. [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <https://www.gmtrubber.com/products/rubber-springs/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

3D    Trojdimenzionální

CAD   Computer Aided Design

NC    Numerical Control

PKNB Polykrystalický Kubický Nitrid Boru

A     Ampér

V     Volt

mm   milimetr

MPa   Megapascal

ČSN   Československá norma

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Způsoby soustružení: [9] .....	11
Obrázek 2 Typy soustružnických nožů [10] .....	12
Obrázek 3 Hrotový soustruh [11] .....	13
Obrázek 4 Válcové a čelní frézování [3] .....	14
Obrázek 5 Fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami [19] .....	15
Obrázek 6 Značení a části vrtáku [20] .....	17
Obrázek 7 Sloupová vrtačka [43] .....	17
Obrázek 8 Hlavy šroubů [21].....	19
Obrázek 9 Rýhovaný válcový kolík [44] .....	20
Obrázek 10 Nýtovaná mostní konstrukce [22] .....	22
Obrázek 11 Schéma svařování el. obloukem obalenou elektrodou [23] .....	24
Obrázek 12 Pájení na desce plošných spojů [37] .....	26
Obrázek 13 Způsoby lepení a únosnost lepených spojů [38] .....	27
Obrázek 14 Části svěráku [24].....	29
Obrázek 15 Vačkový mechanismus [45] .....	30
Obrázek 16 Duralové pásy [27] .....	33
Obrázek 17 Kolo z hořčíkové slitiny [46] .....	34
Obrázek 18 Titanová kloubní náhrada [32] .....	35
Obrázek 19 Druhy kovových pružin [39] .....	39
Obrázek 20 Pružina z pryže [47] .....	40
Obrázek 21 Typy vinutých pružin [28].....	41
Obrázek 22 Originální provedení se sundanou rukojetí .....	44
Obrázek 23 Originální jezdec .....	45
Obrázek 24 Originální objímka .....	45
Obrázek 25 Originální záslepka se šroubem M6 .....	46
Obrázek 26 Originální rukojeť s pryžovým návlekem .....	47
Obrázek 27 Pryžový návlek na rukojeť válcový [40] .....	47
Obrázek 28 Jedna z prvotních vizualizací návrhu odlišná od finálního provedení .....	48
Obrázek 29 Prvotní návrh jezdce se zúženou drážkou, bez otvoru pro trn a šroubu M3 ....	49
Obrázek 30 Finální návrh jezdce s otvorem pro trn a stavěcím šroubem M3 .....	49
Obrázek 31 Srovnání šířky drážky na originálním jezdcí a 3D výtiscích .....	50
Obrázek 32 Návrh objímky s přidaným šroubem omezujícím otáčení rukojetí .....	50
Obrázek 33 Finální provedení objímky s drážkou vytvořenou frézováním .....	51
Obrázek 34 Původní návrh záslepky s otvorem pro insert půlkruhového průřezu .....	51

Obrázek 35 Konečné provedení záslepky s otvorem pro válcový insert.....	52
Obrázek 36 Prvotní varianta úpravy rukojeti s vyříznutou drážkou pro šroub.....	52
Obrázek 37 Varianta rukojeti s přidanou zarážkou použitá ve výrobě.....	53
Obrázek 38 Původní návrh insertu půlkruhového průřezu se závitovým trnem.....	53
Obrázek 39 Finální provedení insertu a závitové tyče.....	54
Obrázek 40 Pružiny testované v sestavě, zleva A, B, C, D .....	55
Obrázek 41 Pětiosé obráběcí centrum DMU 50 výrobce DMG MORI [42].....	56
Obrázek 42 Grafické znázornění pořadí úprav jezdec.....	57
Obrázek 43 Vyrobený upravený jezdec se stavěcím šroubem M3 .....	57
Obrázek 44 Modrá plocha – vyfrézovaná drážka, žlutá plocha – ruční broušení.....	58
Obrázek 45 Upravená objímka s vyfrézovanou drážkou.....	58
Obrázek 46 Hotová záslepka s vyfrézovanou dírou .....	59
Obrázek 47 Plech sloužící jako zarážka navařený na rukojeť .....	59
Obrázek 48 Šev uvnitř trubky před jeho odstraněním .....	60
Obrázek 49 Brusné kotouče a válečky použité k odstranění nedostatků .....	60
Obrázek 50 Insert se závitovou tyčí M4 před spojením lepidlem .....	61
Obrázek 51 Lepidlo Loctite 271 použité na závitovou tyč, insert a záslepku .....	62
Obrázek 52 Celek záslepky s vlepeným insertem a závitovou tyčí.....	62
Obrázek 53 Výsledná podoba návrhu při sundané rukojeti.....	63



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Výkres Sestavy – BP-2023-01-000

Příloha P II: Výkres Svařence – BP-2023-02-000

Příloha P III: Výkres Objímky – BP-2023-01-001

Příloha P IV: Výkres Jezdce – BP-2023-01-002

Příloha P V: Výkres Insertu – BP-2023-01-003

Příloha P VI: Výkres záslepky – BP-2023-01-004

Příloha P VII: Výkres rukojeti – BP-2023-01-005

Příloha P VIII: Výkres návarku – BP-2023-01-006

Příloha P IX: Výkres závitové tyče – BP-2023-01-007

Příloha P X: Výkres pružiny – BP- 2023-01-008